под редакцией
Овсепян Ноны Робертовны,
акушера-гинеколога, главного
гинеколога «ИНВИТРО»

Катарина Вестре
биохимик

280 ДНЕЙ ДО ВАШЕГО РОЖДЕНИЯ

РЕПОРТАЖ О ТОМ, ЧТО ВЫ ЗАБЫЛИ, НАХОДЯСЬ В ЭПИЦЕНТРЕ СОБЫТИЙ

ОТПЕЧАТКИ ПАЛЬЦЕВ ИЗНАЧАЛЬНО НЕ ЗАКЛАДЫВАЮТСЯ, А ФОРМИРУЮТСЯ В СРЕДЕ, ОКРУЖАЮЩЕЙ ВАС В МАТКЕ

В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ КЛЕТКИ СОЗДАЮТ ТРИ ПАРЫ ПОЧЕК, НО В ИТОГЕ У ВАС ОСТАЕТСЯ ТОЛЬКО ОДНА!

ВПАДИНКА НАД ВЕРХНЕЙ ГУБОЙ ПОЯВИЛАСЬ ИЗ-ЗА НЕУКЛЮЖЕГО ФОРМИРОВАНИЯ ЛИЦА, ВЕДЬ ИЗНАЧАЛЬНО ВЫ БЫЛИ ПОХОЖИ НА РЫБУ

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

«280 дней до вашего рождения. Репортаж о том, что вы забыли, находясь в эпицентре событий» рассказывает ИСТОРИЮ О ВАС от зачатия до рождения, от первой клетки до девяти месяцев спустя, когда вы решили появиться на этот свет. Знаете ли вы, что в начале XX века выражение «КРОЛИК УМЕР» означало, что женщина беременна? Или то, что крошечный морской червь bonellia viridis проводит всю свою жизнь в своей же самке, являясь ее личным донором спермы? Это всего лишь два из очень необычных фактов, которые вы найдете в книге Катарины Вестре, рассказывающей нам все о чудесном процессе развития человека в утробе матери.

- Катарина Вестре
  - ○
  - ○
  - ○ Предисловие
  - ○ Глава 1
  - ○ Глава 2
  - ○ Глава 3
  - ○ Глава 4
  - ○ Глава 5
  - ○ Глава 6
  - ○ Глава 7
  - ○ Глава 8
  - ○ Глава 9
  - ○ Глава 10
  - ○ Глава 11
  - ○ Глава 12
  - ○ Глава 13
  - ○ Глава 14
  - ○ Глава 15
  - ○ Глава 16
  - ○ Глава 17
  - ○ Глава 18
  - ○ Глава 19
  - ○ Источники
  - ○
- notes
  - ○ 1
  - ○ 2

Катарина Вестре
280 дней до вашего рождения. Репортаж о том, что вы забыли, находясь в эпицентре событий

© Text: Katharina Vestre © Illustrations: Linnea Vestre First published by H. Aschehoug & Co., 2018 Published in agreement with Oslo Literary Agency The Russian language publication of the book was negotiated through Banke, Goumen & Smirnova Literary Agency.

© Иван Чорный, перевод на русский язык, 2018
© Алейникова А.С., иллюстрации, 2019
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2019

* * *

Предисловие

Когда мне было шесть лет, я коллекционировала мыло из гостиниц, играла с куклами Барби и носила кеды с подсветкой. Мои кинематографические пристрастия не отличались оригинальностью: в принципе мне нравилось все, где были принцессы. Но при этом моей любимой книжкой было практическое руководство для будущих родителей «Беременность и роды». Мы вместе с сестрой доставали эту книгу с полки, пролистывали рекомендации по питанию и открывали ее на 70-й странице: «Развитие плода». Как завороженные, мы рассматривали изображения крошечного создания, которое от картинки к картинке становилось все больше, и представляли себе нашего младшего братика, свернувшегося калачиком в животе у мамы. Мы видели, как из странного примитивного существа с хвостом зародыш превращается в пухлого малыша, ручки и ножки которого уже еле помещаются в животе матери. Как такое вообще возможно?

Я вернулась к этому вопросу спустя 17 лет. В то время я училась уже на последнем курсе бакалавриата биохимического направления в Университете Осло, и однажды вечером засиделась допоздна в библиотеке, читая про клеточную биологию. В конце одной из глав было несколько иллюстраций, на которых был изображен процесс формирования кисти руки. Сначала она была похожа на утиную лапку, а потом постепенно вырисовывались пальцы. В подписи к рисунку я прочитала, что эта трансформация происходит за счет массового самоубийства клеток. Получается, что много лет назад все клетки между моими пальцами словно по команде умерли – появилась рука, и поэтому я могу писать сейчас эти строки.

ИНТЕРЕСНО

Как из примитивного существа с хвостом зародыш превращается в пухлого малыша?

До меня вдруг дошло, что об этом ничего не было сказано в разделе «Развитие плода» на той 70-й странице. Те картинки, что я увидела в шесть лет, отражали лишь малую часть всей истории, и было совершенно непонятно, каким образом формируется крошечное создание под названием «человек». Что именно происходит в клетках, молекулах ДНК? **Откуда рука знает, что ей нужно стать рукой, а не ногой или ухом?**

В поисках ответов я принялась копаться в учебниках нашего

курса и научных статьях, и вскоре погрузилась в эту тему с головой. В начале лета 2015 года я взяла с собой на каникулы в Италию три огромные книги по эмбриологии. С этого дня история поиска в моем браузере была забита всевозможными запросами о яйцеклетках и плоде. Google сделал собственные выводы и начал подсовывать мне рекламу детских кремов – боюсь подумать, каким именно образом ее алгоритмы преобразовали мои запросы о плодовых мушках, развитии половых признаков у рифтий и рыбьих почках, чтобы свести это все к детской косметике. Как бы то ни было, в результате появилась книга, которую вы держите в руках. В ней **история о наших далеких родственниках, неизвестных близнецах, опасной плаценте и странных плодовых мушках**. Эта книга о вас. Позвольте рассказать, как начиналась ваша жизнь.

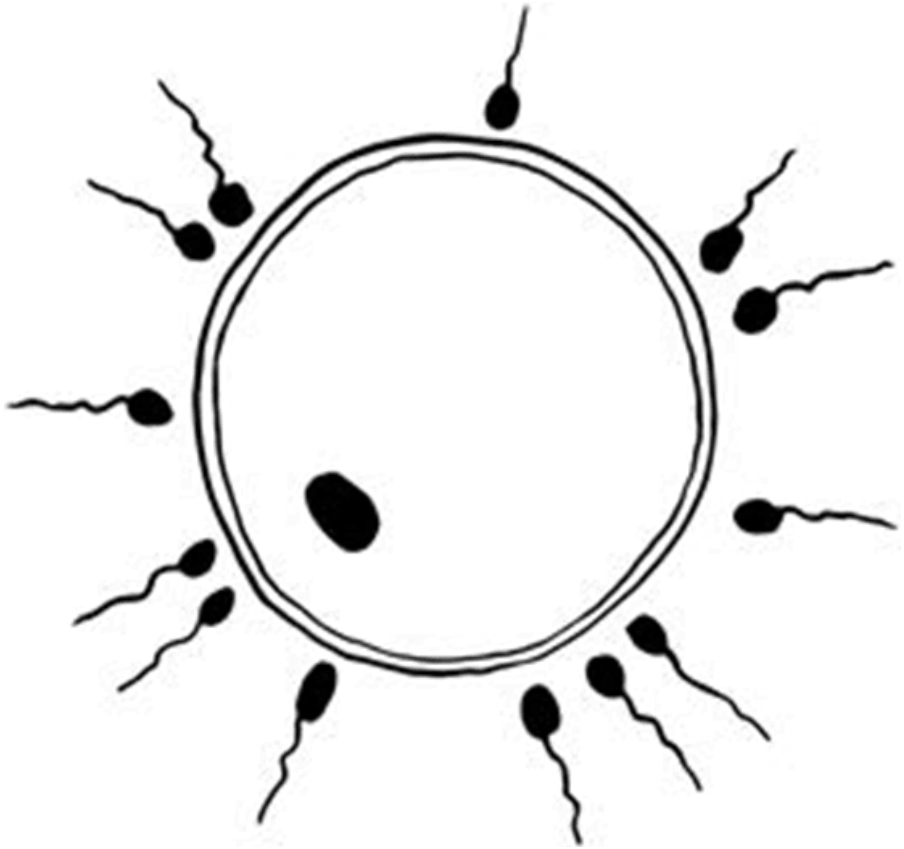
До нашего рождения: пара слов об используемой хронологии и единицах измерения

Работая над книгой, я обнаружила, что при указании возраста плода неизбежно возникает неразбериха. Существует несколько способов отсчета, и их нередко путают между собой. Врачи и акушерки, как правило, указывают неделю беременности, которая отсчитывается с первого дня последней менструации беременной женщины, – **акушерский срок**. Само же зачатие обычно происходит лишь две недели спустя, так что на самом деле женщина только становится беременной, а формально считается, что она уже на третьей неделе. Таким образом, фактически возраст плода на две недели меньше акушерской даты. То есть к концу 12-й недели плоду десять недель, а к концу 14-й – 12 и так далее. Я решила указывать количество недель, прошедших после зачатия, которое соответствует фактическому возрасту плода, – **гестационный срок**. Когда я указываю возраст в месяцах, то имею в виду, что каждый месяц равен четырем неделям. Так что первый месяц длится с первой недели по четвертую, следующий – с пятой по восьмую и так далее. Если вы захотите узнать, о какой неделе беременности идет речь, то просто добавьте две недели.

Полный рост зародыша установить крайне сложно, так как его ноги прижаты к груди. Поэтому общепринято указывать **копчико-теменной размер** (КТР) – расстояние от копчика до темени. Его вы и встретите в книге. Также стоит отметить, что все указанные мной этапы развития зародыша и его размеры основаны на усредненных значениях – у каждого плода свой темп

развития. Что ж, теперь можно начинать.

Глава 1
Гонка



За несколько часов до оплодотворения начинается немыслимая гонка. Сотни миллионов сперматозоидов пускаются в требующий недюжинных сил и выносливости заплыв. Каждый участник похож на крошечного головастика, плывущего против мощного течения на неизведанную территорию. Всем им предстоит преодолеть расстояние, более чем в тысячу раз превышающее их собственную длину. Правила просты: **доберись до цели первым или умри**.

ИНТЕРЕСНО

Вероятность наличия двух полностью идентичных мужских половых клеток фантастически мала.

Ландшафт вокруг пугающий и недружелюбный, словно дремучий лес, в котором полно непроходимых зарослей и тупиковых троп. Сперматозоид рискует быть проглоченным клетками иммунной системы или погибнуть в молочной кислоте, вырабатываемой лактобактериями влагалища. Он может заблудиться в глубоких складках стенки шейки матки. В общем, конкуренты один за другим выбывают из борьбы, и благодаря

мышечным сокращениям, которые помогают проталкивать сперму вверх, вскоре сперматозоид-лидер попадает в матку. Однако до полной победы все еще далеко. Чтобы сохранить хоть какие-то шансы на первенство, сперматозоиду необходимо решить, куда двигаться дальше: направо или налево. От матки в стороны расходятся два узких канала – фаллопиевы трубы, и финишная черта находится как раз на конце одной из них. Стенки фаллопиевых труб выстланы ворсинками, которые гонят жидкость обратно в сторону матки, но сперматозоид и не думает сдаваться. Он борется с течением и продолжает упорно двигаться против него. **Где-то здесь круглая яйцеклетка, спрятанная среди глубоких расщелин и высоких хребтов слизистой оболочки, готовится к встрече с выигравшим гонку.**

Яйцеклетка долго ждала этого момента – еще с того времени, когда ваша мама сама была крошечным плодом. Плавающая теперь в фаллопиевой трубе, она избранная счастливица: каждый месяц начинают зреть несколько яйцеклеток, однако только одна из них доберется до фаллопиевой трубы, остальных ждет неминуемая гибель.

Перед созреванием яйцеклетки хромосомные пары ваших бабушек и дедушек разделяются. Первая хромосома от бабушки идет в одну клетку, а первая хромосома от дедушки – в другую, и так далее. Получившаяся в результате зрелая яйцеклетка несет в себе половину хромосом, готовых найти себе нового партнера. Кроме того, в процессе созревания яйцеклетка запасается питательными веществами, и в итоге становится громадной по сравнению с другими клетками человеческого организма. Ее размер составляет порядка одной десятой миллиметра, так что ее можно вполне разглядеть даже невооруженным глазом.

С другой стороны, сперматозоид – это одна из мельчайших клеток и полная противоположность величественной яйцеклетки. У него круглая головка и извивающийся хвостик, помогающий преодолевать уготованную ему дистанцию, а места для питательных веществ и вовсе нет: вся его головка заполнена отцовской ДНК. Каждый из миллионов сперматозоидов несет в себе неповторимый набор хромосом. Выиграй гонку другой сперматозоид – и вы бы никогда не появились на свет таким, какой вы сейчас: вероятность наличия двух полностью идентичных мужских половых клеток фантастически мала. Когда формируется сперматозоид или яйцеклетка, хромосомы ваших бабушек и дедушек расположены прямо друг напротив друга, и, прежде чем хромосомные пары раз и навсегда разделятся, они успевают обменяться небольшими участками ДНК. Таким образом, в хромосоме, которая изначально принадлежала вашей

бабушке, после ее попадания в сперматозоид могут оказаться некоторые гены вашего дедушки. Количество возможных комбинаций бесконечно, так что нужно тщательно выбирать, за победу какого сперматозоида болеть.

Могу вас заверить, этот неистовый маленький головастик готов к тому, что его ожидает. Сперматозоид, может быть, слепой и глухой, однако это нисколько не мешает ему пробираться по заданному маршруту. Он ощущает, помимо прочего, малейшие изменения температуры, а так как его цель примерно на 2°C теплее окружающего пространства, он сразу чувствует, что уже приближается к ней. Кроме того, у него есть хоть и примитивное, но обоняние. Подобно клеткам в носу, на поверхности сперматозоида расположены молекулы, называемые обонятельными рецепторами. Каждый такой рецептор специализируется на распознавании определенного вещества. Когда нам в нос попадает воздух, то молекулы, создающие аромат, прикрепляются к различным обонятельным рецепторам и генерируют электрический сигнал, который затем поступает в соответствующий отдел мозга. **Обонятельные рецепторы сперматозоида точно так же улавливают молекулы, которые исходят от яйцеклетки, тем самым подтверждая правильный курс.**

ИНТЕРЕСНО

Сперматозоид несет в себе неповторимый набор хромосом, поэтому выиграй гонку другой – и вы бы никогда не появились на свет.

До финишной прямой добираются лишь единицы, и выделяемые женской половой клеткой особые вещества вынуждают сперматозоидов плыть как никогда быстро. Вскоре яйцеклетка оказывается полностью окружена головастиками с лихорадочно извивающимися хвостиками. Сперматозоиды начинают проникать в защищающую яйцеклетку желеобразную оболочку. При этом они используют личное химическое оружие – выпрыскивают из головок ферменты, расщепляющие вещество оболочки, благодаря чему зарываются все глубже и глубже.

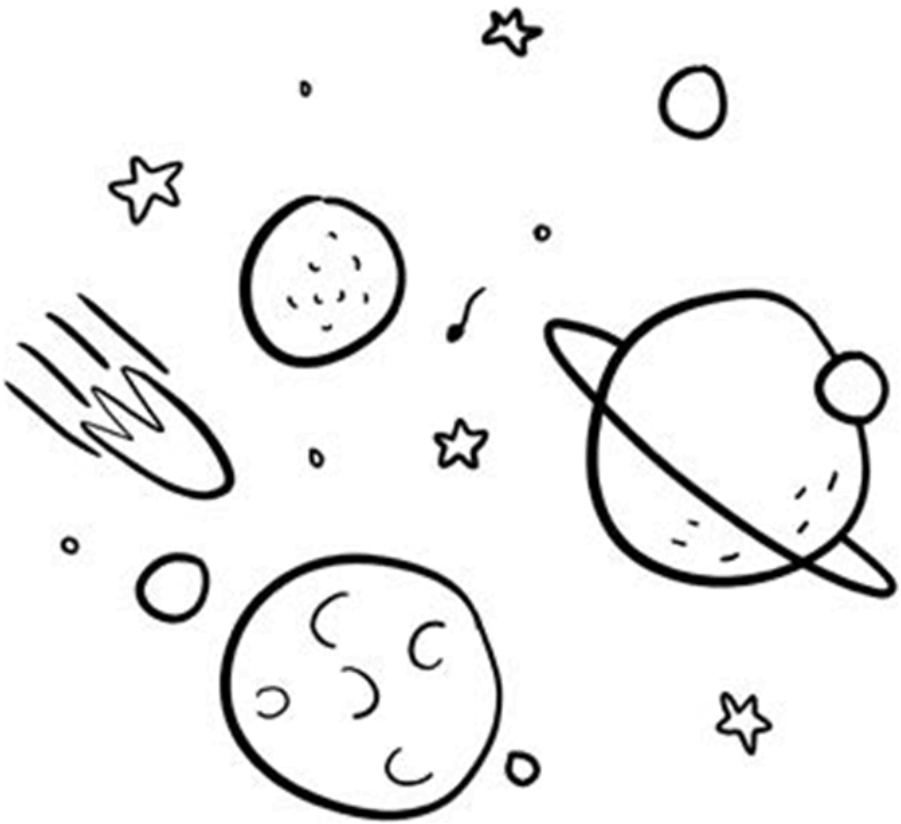
ИНТЕРЕСНО

Яйцеклетке, в которую проникли сразу два сперматозоида, предписан смертный приговор.

Но до цели добирается все же только один из них – самый быстрый. Другие за ним попросту не успевают. Победитель отбрасывает хвостик и выгружает ценный груз: 23 хромосомы

вашего отца. В этот же момент яйцеклетка в срочном порядке высвобождает специальные вещества, которые образуют вокруг нее жесткую непроницаемую капсулу, и через нее больше ни одному сперматозоиду не пробраться. Тут времени терять нельзя, потому что, если в яйцеклетку проникнут сразу два сперматозоида, последствия будут катастрофическими: в получившейся клетке вместо 46 окажется 69 хромосом. И хотя яйцеклетка делает все возможное, чтобы этого избежать, ей не всегда это удается. Группа ученых, занимавшаяся изучением искусственно оплодотворенных женских половых клеток, обнаружила, что 10 % из них были оплодотворены несколькими сперматозоидами. У таких яйцеклеток нет никаких шансов на нормальное развитие, и, как мы позже с вами увидим, им уже подписан смертный приговор. Но вы можете не волноваться: на этот раз победитель только один. Хромосомы ваших родителей объединились, и возникла первая клетка, с которой, собственно, начинаетесь уже вы. Гонка окончена. Настало время вашей истории.

Глава 2
Скрытая вселенная



Что же там такое творится у мамы в животике? До появления микроскопов то, что происходит в самом начале, было скрыто от нас. Невооруженным глазом практически невозможно разглядеть постепенно появляющиеся мельчайшие детали. А ведь даже слоны, возвышающиеся над землей на четыре метра, начинают свой путь с микроскопических размеров. Дело усложняется и тем, что все процессы скрыты от нас за кожей, мышцами и кровеносными сосудами. Еще **Аристотель, живший более 2000 лет тому назад, хотел увидеть, как же зарождается жизнь.** В поисках ответа он вскрывал оплодотворенные куриные яйца на разных стадиях развития. В трехдневном яйце ему удалось разглядеть крошечное красное сердце, бьющееся внутри желтка. Разбив скорлупу недельного яйца, он увидел маленькое создание с большими глазами. Чем позже он вскрывал яйцо, тем больше существо внутри него напоминало цыпленка. Он сразу же сделал

вывод, что и у людей все должно происходить точно так же. Аристотель решил, что сперма каким-то образом подает женской крови сигнал и та начинает постепенно выращивать в животе человека.

Еще Аристотель был убежден, что живые существа появляются весьма разнообразными способами: насекомые рождаются из росы на листьях, моль заводится в шерсти, а устрицы образуются из склизкой грязи. Такие представления о зарождении жизни даже почти 2000 лет спустя все еще оставались популярными.

Химик XVII века Жан Батист ван Гельмонт придумал крайне изобретательные и забавные способы создания различных живых организмов. Скажем, захотелось вам вырастить у себя дома мышей. Рецепт прост: поместите грязную, слегка пропитанную потом рубашку в заполненную пшеничными зернами емкость, подождите 21 день, и – вуаля! – ваша пшеница превратится в настоящих живых мышей, пищащих и копошащихся.

ИНТЕРЕСНО

В XVII веке ученые были уверены, что если в емкость с зерном поместить грязную рубашку и подождать, то там вырастут мыши.

Разумеется, никто не сомневался, что рецепт ван Гельмонта работает. Более того, не он один рассказывал о поразительных случаях самопроизвольного появления на свет животных – главное, чтобы условия были подходящими. Мокрая грязь речных берегов могла волшебным образом превращаться в лягушек, мусор – в крыс, и вы только подумайте о тех белых личинках, которые появляются, казалось бы, из ниоткуда в тухлом мясе. Кстати, я прекрасно понимаю, что представить себе, как спариваются и откладывают яйца устрицы, очень сложно. Тем не менее нашлось немало и других теоретиков, которые понимали, что в подобных идеях не все сходится. Как вообще из какого-то жидкого хаоса может появиться живое существо?

К концу 1600-х годов возникла новая концепция: каждое создание, будь то лягушка или человек, появляется из миниатюрной версии самого себя. Когда бог создал первых людей во всем их совершенстве, он также создал и все их будущие поколения. Эти крошечные мини-люди гнездились внутри друг друга подобно матрешкам. Затем они просто оживали и начинали расти в животе своей мамы, пока не рождались на свет.

С появлением первых микроскопов биологи стали убеждаться, что такие миниатюрные создания действительно где-

то существуют. Просто вообразите себе, какое богатство деталей было скрыто от невооруженного глаза! Казалось, можно обнаружить все что угодно – нужно только еще немного усовершенствовать микроскопы.

Одним из самых талантливых конструкторов микроскопов был голландский торговец Антони ван Левенгук. Никто не полагал, что он станет ученым, так как Левенгук не получил университетского образования, да и особым статусом и достатком не отличался. Вообще-то, он намеревался прежде всего отслеживать качество продаваемых тканей и как раз для этого использовал микроскоп. Но в один прекрасный день из чистого любопытства Левенгук поместил под линзы микроскопа каплю воды. Увиденное раз и навсегда изменило его жизнь. Прозрачная капля кишела таинственными созданиями всевозможных форм. Левенгук назвал их крошечными животными и вскоре начал изучать все, что только попадалось ему под руку: воду, которую он пил, лужи, в которые наступал. Под микроскоп попал даже налет, обнаруженный между зубами. Везде, куда бы он ни смотрел, Левенгук находил крошечных животных. Какие экзотические острова, какой космос?! Левенгук мог часами вглядываться в скрытую от глаз и практически не изученную вселенную, которая была у него прямо под носом!

Слухи о микроскопе Левенгука быстро распространялись, и однажды к нему пришел студент-медик с образцом спермы, которую он взял у больного пациента. Какое-то время Антони категорически отказывался изучать семенную жидкость. Будучи глубоко религиозным человеком, он опасался, что это сочтут непристойным. С другой стороны, в этой ситуации все делалось исключительно в медицинских целях… В общем, Левенгук все-таки решился взглянуть.

Хотя размещенный под линзами микроскопа образец и был размером с песчинку, Антони увидел в нем больше 1000 крошечных созданий. У них были круглые головки и длинные прозрачные хвостики – вылитые крошечные головастики. А вдруг они появились здесь из-за болезни? Или, может, образец слишком долго хранился?

Как ученый, Левенгук понимал, ему необходимо сравнить свои наблюдения с тем, что он увидит в образце спермы здорового человека. В 1677 году он отчитался о полученных данных в письме президенту Лондонского Королевского общества – одного из ведущих научно-исследовательских институтов в мире. Антони подробно описал обнаруженных им в образце спермы крошечных созданий, подчеркнув, что изучал его «сразу же после эякуляции». Но при этом он поспешил заверить,

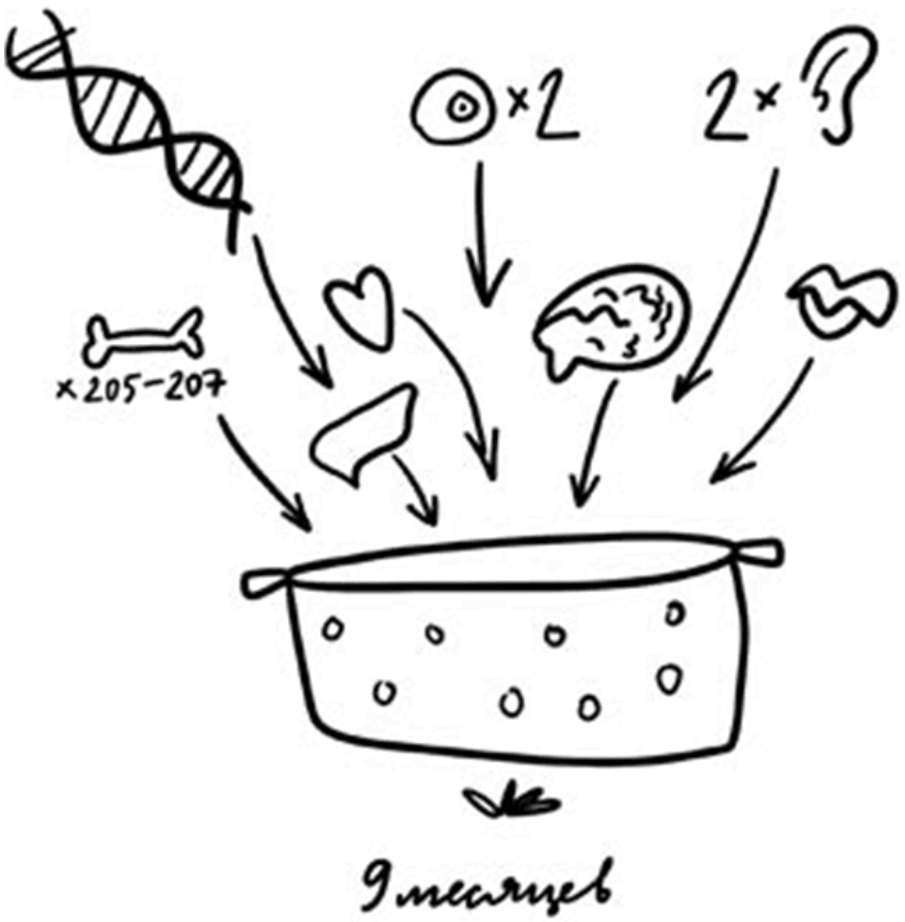
что образец, разумеется, не был получен каким-то грешным способом, а был предоставлен ему «естественным образом в результате супружеской деятельности» (его жене явно приходилось нелегко). И все же Левенгук настоятельно попросил президента Лондонского Королевского общества никому не показывать его письма, если тот сочтет, что его наблюдения слишком неприятные даже для ученых. Быть героем публичного скандала ему совсем не хотелось.

ИНТЕРЕСНО

Микроскоп произвел революцию в мире науки: оказалось, даже в капле воды бурлит жизнь, что уж говорить о сперме.

Левенгук был уверен, именно то, что он увидел под микроскопом, и есть самое важное для сотворения жизни. Это была не просто прозрачная пустая жидкость – в ней бурлила микроскопическая жизнь! Неужели именно здесь и находились миниатюрные люди? Чтобы увидеть их, ему явно нужен был микроскоп получше. Годами Левенгук безустанно работал, однако несмотря на постоянное совершенствование используемых линз, ему так ничего и не удалось обнаружить. Он даже предпринял попытку осторожно убрать окружающую сперматозоид оболочку с помощью микроскопической щетки, но увидеть, спрятано ли там что-то внутри, он так и не смог. В конце концов ему пришлось признать, что пора сдаться. Тем не менее Левенгук был по-прежнему уверен, что сперматозоиды таят в себе величайший секрет, просто он настолько крошечный, что его невозможно разглядеть. Ах, если бы он только знал, что там было на самом деле!

Глава 3
Рецепт человека



Первые несколько часов после оплодотворения. Гонка окончена, и самая первая клетка, из которой состоите будущий вы, спокойно плывет вниз по фаллопиевой трубе. Столько всего уже предрешено: хотя клетка эта меньше точки в конце предложения, она вмещает в себя все инструкции, необходимые, чтобы создать вас. В ней есть не только предписания по формированию органов, нужных вам для жизни, но и техническое задание для цвета ваших глаз и формы носа.

Итак, главным секретом этой клетки оказался не миниатюрный человек, а молекула, история которой начинается, как ни странно, с гнойных повязок и швейцарского химика.

В 1869 году Фридрих Мишер обращается в расположенную

рядом с его лабораторией хирургическую клинику с довольно странной просьбой: *«Нельзя ли попридержать для меня использованные повязки пациентов?» «Причем желательно, чтобы на них было как можно больше гноя»*, – уточняет он. Мишеру нужны белые кровяные тельца, а их полно как раз в светло-желтой вязкой жиже, сочащейся из ран. Они обеспечивают иммунную защиту, и большинство из них падут смертью храбрых в битве с попавшими в рану бактериями. Мишер собирает гной, отфильтровывает клетки и проводит тщательный химический анализ, чтобы определить, какие типы белков в них содержатся. И вот он замечает липкую молочно-белую субстанцию, которая после добавления кислоты отделяется от общей массы. Исследовав ее, Мишер понимает, что природа ее никак не белковая. Он называет это новое вещество **нуклеином**, потому что оно находится как раз в самом сердце клетки (от лат. nucleus – «ядро, центр»).

ИНТЕРЕСНО

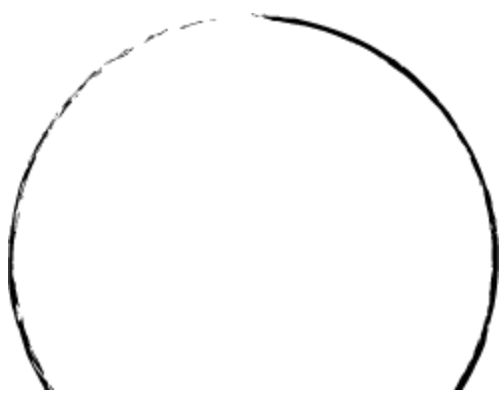
Клетка размером меньше точки в конце этого предложения, но она вмещает в себя все инструкции, необходимые, чтобы создать вас.

Мишер замечает также, что огромное количество нуклеинов содержится в сперматозоидах, и делает вывод, что именно это вещество может играть решающую роль при зарождении жизни. В те годы наследственность была еще не изучена, и все, что было с ней связано, представлялось весьма загадочным и объяснялось действием каких-то невидимых сил, которые никто не понимал. И тот факт, что наследственный материал представляет собой особую молекулу, которую можно взвесить и измерить, был совершенно немыслимым для большинства людей. Он предположил, что информация, содержащаяся в наследственном материале, хранится в виде химического кода. Идея эта была революционной, однако еще долгое время и даже после смерти Мишера никто не догадывался, что он как никогда близко подошел к разгадке.

В последующие годы ученые пристально изучали загадочную нуклеиновую субстанцию. Впоследствии ей дали более точное название – **дезоксирибонуклеиновая кислота**, сокращенно – ДНК. Долгое время ДНК считалась не более чем вспомогательным материалом, который в ядре клетки удерживал все на своих местах. Потом ученые обнаружили, что гены расположены в хромосомах, однако и тогда молекула ДНК не получила должного признания. Хромосомы состоят из ДНК и белков, и ученым казалось более правдоподобным, что именно белки контролируют

наследственность. С точки зрения химии белки были гораздо интереснее: они существовали в бесчисленном количестве разнообразных форм – в виде кислот и щелочей, с низкими и высокими точками кипения. А ДНК, казалось, была всегда одной и той же. И лишь в 1940-х годах в ходе экспериментов с бактериями ученые обнаружили то, что всем казалось невозможным: гены состоят из ДНК. Как же этому простейшему веществу удается создавать такое многообразие характеристик, встречающихся в природе?

Все встало на свои места только в 1953 году, когда ученые Уотсон и Крик представили мировому сообществу свою модель структуры ДНК. Молекула ДНК состоит из длинных цепочек, составленных из четырех различных оснований: аденина, тимина, цитозина и гуамина – А, Т, Ц и Г. И соединены они с сахаром и фосфатом. Две цепочки сходятся вместе, образуя винтовую лестницу, перила которой состоят из сахара и фосфата, а в роли ступеней выступают пары оснований. Объединяясь, основания подчиняются строгим правилам: основание А всегда присоединяется к основанию Т, а основание Ц – к основанию Г. Таким образом, зная, как выглядит одна сторона лестницы, мы можем в точности воссоздать ее вторую половину. Клетки вскрывают эту молекулу посередине и считывают основания буква за буквой, словно книгу. Прикрепляя соответствующие буквы с каждой стороны, клетка может создать две идентичные копии рецепта, тем самым передавая его дальше. От клетки к клетке, из поколения в поколение.



С химической точки зрения рецепт ДНК человека мало чем отличается от рецепта ДНК, скажем, дуба: они состоят из одних и тех же структурных элементов. Отличие – в порядке их размещения.

В ядре самой первой клетки вашего будущего организма, которая в данный момент плывет вниз по фаллопиевой трубе,

находятся 46 хромосом. Из них 23 принадлежали вашей матери, а еще 23 – отцу. Каждая хромосома содержит длинную цепочку ДНК, плотно закрученную вокруг белков. **Суммарная длина всех этих цепочек ДНК внутри одной клетки – более двух метров.** В момент соединения яйцеклетки и сперматозоида рецепт ДНК завершен. Теперь пришла пора им воспользоваться.

Глава 4
Вторжение

ПЕРВАЯ НЕДЕЛЯ

День 3

Итак, с момента зачатия прошел один день, и вскоре кое-что должно произойти. Микроскопические ворсинки, расположенные на внутренней стенке фаллопиевой трубы, проталкивают крошечную круглую клетку по каналу вниз. Медленно. Осторожно. Снаружи царит полное спокойствие, однако глубоко внутри клетки уже вовсю кипит работа. Сложнейший механизм непрестанно трудится, создавая точные копии молекул ДНК. Вскоре каждая хромосома принимает Х-образную форму, образованную двумя идентичными соединенными в центре молекулами ДНК. Хромосомы рядами собираются в центре круглой клетки. В свою очередь она в это время начинает плести с обеих сторон паутину, длинные тонкие нити которой тянутся к центру, захватывая хромосомы. Затем клетка удлиняется и

становится вытянутой, а эти пряди тянут получившиеся копии ДНК по одной к каждому полюсу. Если рассматривать этот процесс в микроскоп, то зрелище просто завораживает: словно кто-то устроил внутри клетки крошечный салют. Наконец, где-то сутки спустя клетка пережимается посередине и разделяется на две новые.

Так и продолжается: клетки копируются и делятся, копируются и делятся. Некоторые существа, такие как бактерии или амебы, вполне довольствуются одной-единственной клеткой (одноклеточные организмы). Они и так способны питаться, двигаться и размножаться. О большем они и не мечтают, да им и не нужно.

ИНТЕРЕСНО

Суммарная длина всех цепочек ДНК внутри одной клетки – свыше двух метров.

Мужская особь нематоды C. elegans состоит ровно из 1031 клетки. Нам это известно потому, что биологи потрудились пересчитать ее клетки – все до единой.

А что насчет нас? Мы состоим приблизительно из 37 триллионов клеток. Приблизительно, потому что их настолько много, что никому на свете не придет в голову сесть и пересчитать их одну за одной. Вместо этого ученые примерно прикинули, сколько всего клеток может быть в нашем организме, основываясь на той информации о нем, которая у нас есть. Причем даже это было не так просто сделать, так как клетки бывают всевозможных размеров, да и расстояние между ними может сильно разниться. Так что плюс-минус несколько миллиардов. Как бы то ни было, их безумно много, однако каким-то невероятным образом все эти бесчисленные клетки умудряются действовать взаимосвязанно. И если амеба свободно перемещается, куда ей вздумается, то клетки вашего организма образуют сплоченное сообщество. Но сначала им нужно увеличить их количество.

Первые несколько дней клетки делятся в некоторой спешке. Они даже не тратят времени на рост, и с каждым делением получаются клетки все меньшего и меньшего размера. Две клетки превращаются в четыре. Четыре – в восемь. Вскоре вы становитесь

крошечным скоплением из 16 кругленьких и совершенно идентичных клеток, которые, если посмотреть на них в микроскоп, напоминают малину. Эта крошечная клеточная «малина» продолжает спокойно плыть по фаллопиевой трубе. Однако где-то пять дней спустя внутренние запасы питательных веществ истощаются. Несколько дней клетки довольствуются тем, что осталось от яйцеклетки, но теперь им нужен новый источник питательных веществ. Пришла пора перемен. Клетки, находящиеся снаружи, быстро берут ответственность на себя и принимаются всасывать окружающую их жидкость в центр скопления клеток. Таким образом, у клеток впервые произошло разделение труда, и впредь они больше не будут одинаковыми. «Малина» превращается в **везикулу** – мешочек, наполненный жидкостью, – и вскоре покидает фаллопиеву трубу и попадает в полость матки. Она продолжает плавать там какое-то время, а клетки тем временем не перестают делиться. Затем, где-то через неделю после зачатия, начинается грубое вторжение.

Внутри матки ваша мама уже подготовила толстую, похожую на губку оболочку, чтобы везикула к ней прикрепилась. Чтобы зацепиться, везикула выделяет вещество, разрушающее эту оболочку, и таким образом закапывается как можно глубже. Кровеносные сосуды при этом рвутся, клетки массово умирают. Все это зрелище напоминает сцену из какого-нибудь кровавого фильма. Ваши клетки оказываются весьма кровожадными: они жадно впиваются в слизистую оболочку матки, из которой сочится кровь. Одновременно с этим у них вырастают маленькие корни, которыми они крепятся к кровеносным сосудам матери. Так зарождается плацента, и в следующие несколько месяцев она будет непрерывно расти. Когда вы родитесь, плацента будет выглядеть как склизкий сине-красный сгусток весом примерно с полкило. Она вместе с околоплодными водами выходит из матки матери через 10–15 минут после рождения младенца, так что, пожалуй, неудивительно, что интереса она особо не вызывает – нам совсем не до нее. Пухленькие ручки, пятки и крошечные пальчики забирают все наше внимание. В прошлом в разных культурах плацента, однако, крайне ценилась. В Древнем Египте к ней относились в высшей степени осторожно и даже мумифицировали ее, а в Корее, например, плаценту новорожденных принца или принцессы помещали в роскошный кувшин и закапывали. А еще некоторые полагают, будто ее нужно есть – я обратила на это внимание, когда поисковая система Google решила, что я ищу «смузи из плаценты», и выдала мне пару рецептов. Существуют даже компании, которые за отдельную плату замораживают плаценту методом сухой заморозки и

делают из нее таблетки, чтобы мама их потом принимала. Как бы то ни было, плацента заслуживает некоторого уважения и благодарности. В конце концов этот своеобразный орган безустанно работал на нас в течение девяти месяцев и без него нас бы никогда не было. Плаценту сложно назвать прекрасной, однако, думаю, мне удастся вас убедить, что она не только отпугивает, но и завораживает.

ИНТЕРЕСНО

Оплодотворение напоминает сцену из кровавого фильма: ваши клетки жадно впиваются в слизистую оболочку матки.

Крошечные клеточные корешки – это только начало. Вскоре вторгшиеся в плоть матки клетки парализуют кровеносные сосуды матери и перестроят их под свои собственные нужды. Материнская кровь заполнит пустоты в плаценте, и ваши кровеносные сосуды потянутся к ним через пуповину. Ваша кровь никогда не будет вступать в прямой контакт с кровью вашей матери, однако все необходимые вещества будут проходить через разделяющую мать и дитя тонкую стенку. Так вы будете получать от своей матери кислород и прочие нужные для развития питательные вещества, а ей обратно отсылать все продукты своей жизнедеятельности. Но это еще не все. Вы также будете обмениваться гормонами, с помощью которых вы со своей мамой сможете воздействовать на организмы друг друга. Плацента быстро начинает вырабатывать целый коктейль гормонов, которые не позволят кровеносным сосудам вашей матери сжиматься, а также будут заставлять ее есть за двоих. Более того, они позаботятся о том, чтобы ее организм должным образом подготовился к вынашиванию и грудному вскармливанию.

Одним из первых плацента начинает активно вырабатывать гормон под названием **«хорионический гонадотропин человека»** (ХГЧ). В обычных тестах на беременность проверяется именно его наличие в моче женщины. В наши дни такой тест можно спокойно купить в аптеке, но еще недавно все было далеко не так просто. Когда-то врачам приходилось приносить в жертву мышей, чтобы узнать ответ. Эти грызуны особым образом реагируют на гормон ХГЧ, и первые тесты на беременность заключались в том, что врач вводил в кровоток мыши мочу беременной женщины. Несколько дней спустя он препарировал мышь и смотрел, не изменились ли ее яичники. В конце 1920-х годов этот метод диагностики получил дальнейшее развитие, и несколько лет спустя на смену мышам пришли кролики. Так, в те годы появилось выражение «кролик умер», которое означало

«я беременна». Участь животного, правда, была предрешена независимо от результатов теста. Более эффективные тесты на беременность, для которых не нужно было убивать животных, появились лишь в 1960-х годах.

В организме женщины есть строгая система контроля, которая не позволяет проникать внутрь всему чему попало. Везикуле (скоплению первых клеток) разрешается остаться только в случае, если она сможет «подтвердить свою личность», подав нужный сигнал. Вероятно, лишь треть из всех везикул, а то и еще меньше, проходит через этот контрольно-пропускной пункт.

ИНТЕРЕСНО

В начале XX века, чтобы узнать, беременна ли женщина, приходилось для этого приносить в жертву животных. Так появилось выражение «кролик умер», если подозрения подтверждались.

Многие беременности заканчиваются до того, как о них узнают. Так, например, яйцеклетка, оплодотворенная несколькими сперматозоидами, никогда не пройдет проверку. Лишние хромосомы рвут аккуратную паутину, которую плетет клетка в процессе деления. Какие-то клетки получают слишком мало хромосом, какие-то – слишком много. Даже если клетки и не находятся при смерти, им ни за что не пройти ожидающий их контроль качества – для них все кончено.

Если матка не получит соответствующей команды, она вернется к своему привычному ежемесячному циклу: слизистая оболочка будет отторгнута, и у женщины пойдут месячные. Потом будет новый цикл и новая оболочка, и так далее. **Менструация** – не самое приятное явление, и многим млекопитающим посчастливилось его избежать. Список менструирующих животных весьма короткий: люди, обезьяны и – только не спрашивайте меня, почему – некоторые виды летучих мышей. Но почему же именно мы? Что ж, винить во всем, пожалуй, стоит нашу скупую плаценту. У большинства млекопитающих она куда более надежная. У лошадей, коров и свиней везикула располагается рядом со слизистой оболочкой плаценты, потом обвивает кровеносные сосуды матери, не разрушая их. Благодаря этому мама гораздо лучше контролирует, что именно передается ее потомкам, а в случае необходимости отслоения плаценты риск серьезного кровотечения гораздо меньше. А для людей было просто необходимо придумать аварийный тормоз. Если бы бракованные везикулы свободно двигались дальше, то это могло обернуться для матери смертью. Так что нужно сперва вежливо спросить

разрешения, прежде чем садиться ей на шею.

Тут может сложиться впечатление, будто мы все развились из довольно противных, агрессивных и жадных паразитов, вторгшихся в тела наших ни в чем не повинных мам. Позвольте мне развеять ваши неприятные догадки и рассказать об удивительном эксперименте, показавшем всю эту кухню с другой стороны.

Ученые взяли мышей с зелеными люминесцентными клетками – они создали их путем введения в оплодотворенные мышиные яйцеклетки гена медузы Aequorea victoria. Эта медуза вырабатывает зеленый флуоресцентный белок и во тьме океана напоминает светящуюся люстру. Итак, этих «зеленых» мышиных самцов спарили с обычными самками. То, что было дальше, может показаться немного жестоким, но с научными экспериментами иначе нельзя: 12 дней спустя ученые вызвали у каждой беременной мыши сердечный приступ, чтобы изучить, как поведет себя их сердце. В результате обнаружилось нечто невероятное: область вокруг сердца сияла зелеными клетками, которые явно достались самкам от растущих у них в утробе мышат. Судя по всему, стволовые клетки будущих мышат выбрались за пределы плаценты, попав в материнский кровоток. Добравшись до сердца, они превратились в клетки пульсирующей сердечной мышцы и даже помогли устранить возникшие вследствие сердечного приступа повреждения.

ИНТЕРЕСНО

Менструация – это аварийный тормоз, она не дает бракованным клеткам развиваться, что оборачивалось бы смертью для матери.

Скорее всего нечто похожее может происходить и у людей. Любопытно, что беременные женщины, перенесшие сердечный приступ, выживают чаще, чем те, кто в этот момент не вынашивал ребенка.

ИНТЕРЕСНО

У матери в анализе крови не одно десятилетие после родов остаются клетки с ДНК ее детей.

Группа испанских ученых исследовала сердца двух женщин, страдающих от тяжелой сердечной недостаточности. Они обнаружили в них клетки их сыновей, и это притом, что родили их женщины не только что, а много лет назад. Анализы крови тоже показали наличие в организме матерей клеток с ДНК их детей спустя не одно десятилетие после беременности. Ученым

даже удалось обнаружить чужеродные клетки, спрятавшиеся глубоко в мозге. **Может быть, в организме моей матери есть небольшая частичка меня?** Одна-единственная клетка, бьющаяся вместе с ее сердцем либо болтающая с другими нервными клетками где-то в недрах ее мозга? Приятно думать, что я приносила ей хотя бы крошечную пользу, пока паразитировала у нее в животе.

Глава 5
Естественные клоны и неизвестные близнецы

Эти клетки, которые зарываются в слизистую оболочку матки, кромсая все на своем пути, никогда не будут частью вашего тела. Те клетки, которые на самом деле станут вами, называются эмбрионом, и они запрятаны внутри везикулы. Через неделю после зачатия вы уже состоите из кучки стволовых клеток, которые могут превратиться в любую часть тела: они могут стать клетками сердечной мышцы, нервными клетками, клетками печени или клетками совершенно иного типа. На этом этапе они

настолько гибкие, что могут даже создать сразу несколько организмов. Если клетки разъединятся, образовав два отдельных скопления вместо одного, то они могут развиться в двух полноценных людей. Это самый частый способ появления однояйцевых близнецов, а так как процесс формирования плаценты уже начался, то близнецы будут вынуждены ее делить. Клетки, впрочем, могут разделиться и несколькими днями раньше, когда их скопление все еще напоминает микроскопическую «малину», и в этом случае к стенке матки прикрепятся две везикулы и будут созданы два эмбриона, каждый со своей собственной плацентой. Примерно одна треть всех однояйцевых близнецов развиваются именно таким образом.

Так как однояйцевые близнецы развиваются из одной и той же клетки, то их цепочки ДНК полностью совпадают, то есть они естественные клоны друг друга. Если один из близнецов станет преступником, следователи не смогут их различить посредством анализа ДНК. Однако это можно будет сделать по отпечаткам пальцев, и виновного все же удастся определить.

Дело в том, что среда, окружающая плод в матке, влияет на формирование узоров на кончиках пальцев. Близнецы лежат рядом, но в разных местах, и на их кончики пальцев воздействуют разные потоки с разным давлением. Кроме того, они могут развиваться со слегка различающейся скоростью, так как питательные вещества из плаценты распределяются неравномерно. Из-за этого между близнецами все-таки будут небольшие отличия, несмотря на то что их гены в точности совпадают.

Близнецы также могут родиться, если у мамы вдруг высвободятся две яйцеклетки вместо одной и каждая из них будет оплодотворена отдельным сперматозоидом. Такие близнецы называются разнояйцевыми, и их цепочки ДНК совпадают не более, чем у обычных братьев и сестер. Вместе с тем у них есть и свои особенности.

Судя по всему, близнецы, находясь в утробе, обмениваются между собой клетками примерно так же, как мы передаем нашим матерям клетки, пока они нас вынашивают. Так, например, у них могут оказаться сразу две группы крови, одна из которых их собственная, а вторая досталась от соседа по материнской утробе.

ИНТЕРЕСНО

Среда, окружающая плод в матке, влияет на формирование узоров на кончиках его пальцев.

Что касается меня, то, насколько мне известно, у меня нет близнеца. Однако, возможно, он был, просто нам так и не

суждено было встретиться. В очень редких случаях два клеточных скопления объединяются обратно, прежде чем успеют сформироваться два отдельных организма. Если такое произойдет с разнояйцевыми близнецами, то ребенок родится с двумя наборами ДНК и будет называться **химерой**. Не во всех его клетках будут одни и те же цепочки ДНК, некоторые из них будут нести цепочки ДНК несостоявшегося близнеца. Как правило, заметить это невозможно, однако порой данное явление приводит к весьма абсурдным ситуациям, с одной из которых столкнулась Лидия Фэйрчайлд из Вашингтона. В 2002 году она вынашивала своего третьего ребенка и подала заявку на алименты. От нее и ее бывшего парня потребовали анализ ДНК для подтверждения, что это действительно их совместный ребенок. Как и ожидалось, анализ подтвердил, что ее бывший был отцом малыша. Казалось бы, все хорошо, но проблема была в том, что согласно результатам анализа ДНК Лидия не была матерью этого ребенка. Фэйрчайлд грозили обвинения в мошенничестве и лишение родительских прав. Суд вызвал свидетеля, присутствовавшего на родах третьего ребенка. Были проведены дополнительные анализы крови. Вместе с тем анализ ДНК однозначно говорил о невозможном: она не является матерью рожденного ею малыша. Как такое вообще было возможно? Неужели анализ дал ошибочный результат? Проблему удалось решить только после того, как у нее взяли образцы тканей разных частей тела. Во взятых прежде образцах кожи и крови содержались одинаковые цепочки ДНК, однако клетки, взятые из шейки матки, отличались: они несли в себе совершенно другую ДНК. Фэйрчайлд была химерой. Когда она была в материнской утробе, ее клетки слились с клетками ее близнеца. Вместо того чтобы каждому развиться в отдельный организм, близнецы слились воедино. **Клетки, из которых развилась кожа, достались зародышу от одного близнеца, клетки, из которых образовалась шейка матки с яйцеклетками, – от другого.** Организм Фэйрчайлд был создан двумя близняшками, и она стала своему ребенку одновременно и матерью, и тетей.

Если у вас нет одноyайцевого близнеца, то нет ни одного человека на свете, чья ДНК будет в точности совпадать с вашей. При слиянии сперматозоида и яйцеклетки образуется уникальный код. Вместе с тем тот участок, который выделяет вас среди всех, очень маленький, большая же часть рецепта одинакова для всех людей, и в наши дни ее можно запросто найти и посмотреть в Интернете. В рамках проекта «Геном человека» ученые составили карту всей ДНК человека – всех трех миллиардов букв, из которых она состоит. Чтобы по полученной

расшифровке ДНК нельзя было отследить конкретного человека, анонимные доноры ДНК предоставили для исследования разные участки этого кода. Это был грандиозный проект, на который ушли несколько лет и сотни миллиардов долларов. Технологии, однако, развиваются с умопомрачительной скоростью, и сегодня для того, чтобы проделать то же самое, достаточно примерно 1500 долларов. Если же вас устроит приблизительное исследование, то оно обойдется вам еще дешевле. Взяв у вас образец слюны, специализированная лаборатория уже через несколько дней сможет сообщить вам точные последовательности нуклеотидов А, Т, Ц и Г в вашей ДНК. В печатном виде эта формула заняла бы более 100 толстых томов. Читая со скоростью одна буква в секунду, вы потратили бы 95 лет, чтобы полностью изучить свой геном – только вот вряд ли вы узнали бы про себя что-то новое.

ИНТЕРЕСНО

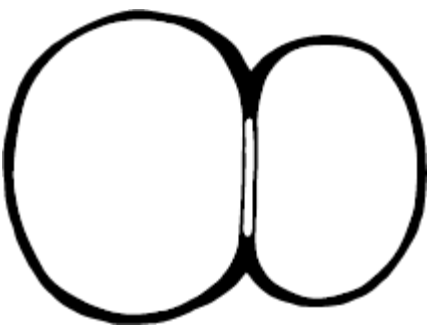
В печатном виде формула вашей ДНК заняла бы 100 толстых томов, а на ее прочтение у вас ушло бы 95 лет.

Представьте себе книгу без единых точки, запятой или пробела. В некоторых ее местах текст написан задом наперед, причем безо всякого предупреждения, а вся она, страница за страницей, представляет собой абсурдную тарабарщину, состоящую из совершенно невразумительных предложений. Именно так и выглядит ваша ДНК. И посреди всего этого хаоса из миллиарда букв ученые выискивают слова и предложения, несущие в себе хоть какой-то смысл. Так, первым делом они обнаружили, что совершили чудовищную ошибку, предположив, что в ДНК человека содержится порядка 100 000 генов. На самом деле их оказалось значительно меньше. В ДНК человека – существа, которое изобрело компьютер, основало цивилизации и возвело тысячи городов, – всего около 20 500 генов. Приблизительно столько же у крошечной нематоды C. elegans, а у кукурузы даже больше – 33 000 генов. В действительности гены – это менее 2 % нашей ДНК. А что же тогда они делают на самом деле?

Глава 6
Контуры тела

ТРЕТЬЯ НЕДЕЛЯ

День 16



В начале третьей недели скопление клеток, которое в скором времени станет вами, сплющивается и начинает растягиваться вдоль везикулы. В этот момент нет и намека на человеческое тело: вы похожи скорее на крошечную круглую тарелку, по обе стороны которой расположено по одному наполненному жидкостью мешочку. Один из них превратится в плодный мешок, который окружит вас, образовав стены маленького бассейна, где вы будете плавать следующие несколько месяцев. Другой станет желточным мешком, напоминающим круглый воздушный шар, веревка которого будет крепиться внутри вашего живота. Желточный мешок создаст первые клетки вашей крови – позже эту работу на себя возьмут печень, селезенка и костный мозг. В конечном счете, когда надобность в нем пропадет, он скукожится, став частью вашего кишечника.

У птиц и яйцекладущих животных основная роль желточного мешка заключается в обеспечении питательными веществами – у них же нет плаценты, чтобы через нее питаться, – так что он заполнен витаминами, минеральными веществами, жирами и белками. Если разбить куриное яйцо, то вы сразу заметите этот ярко-желтый желточный мешок. Вы также увидите белые нити, которые удерживают его в центре яйца. Если бы яйцо было оплодотворено, то из тонкого белого диска на поверхности желточного мешка постепенно развился бы цыпленок. Поначалу он представляет собой едва различимое пятнышко, однако через несколько дней желток начинают обвивать красные кровяные сосуды, а сам мешок начинает уменьшаться в размерах, и так постепенно появляется крошечное живое создание. Если все идет хорошо, то три недели спустя из яйца вылупляется новорожденный цыпленок.

ИНТЕРЕСНО

Желточный мешок создаст первые клетки вашей

крови, а затем он скукожится и станет частью вашего кишечника.

У людей все происходит немного медленнее. Тем не менее к началу третьей недели вы успеваете сделать как минимум один важный шаг вперед. В течение нескольких критически важных часов у вас появляются передняя и задняя части, левая и правая стороны, а также верх и низ. Это один из важнейших этапов вашего развития. Если бы что-то в тот момент пошло не так, вы бы не читали сейчас эту книгу и вообще не были бы похожи на человека с надежно спрятанными под кожей внутренностями и усердно бьющимся сердцем.

Первым признаком радикального изменения становится то, что плоская круглая тарелка принимает овальную форму. Одновременно появляется тоненькая полоска. Эта полоска – ваш будущий позвоночник, и она тянется от края к центру овальной тарелки, туда, где позже возникнет ваша голова. Если бы мы рассмотрели эту полоску под микроскопом, то увидели бы все движущиеся вдоль нее клетки. Посередине полоски появляется небольшая ямка, в которую клетки погружаются, образуя новый слой под верхней тарелкой. Вскоре вы превратитесь уже в две тарелки, расположенные одна над другой. Затем новые клетки устремятся вниз и распределятся между этими двумя тарелками, и в итоге вы будете состоять уже из трех отдельных слоев клеток.

Все это могло показаться вам не таким уж и впечатляющим. Я же обещала радикальные перемены, а в итоге круглая тарелка всего лишь превратилась в трехслойный сэндвич из клеток. Как бы то ни было, вы выглядите уже гораздо интереснее, чем та «малина», которой вы были совсем недавно. Эти клетки уже не похожи на тех растерянных и беспомощных новичков, которые понятия не имели, куда они попали и что от них нужно. Теперь у ваших клеток произошло разделение труда. Из клеток верхнего слоя образуются кожа, волосы, ногти, хрусталики глаз, нервы и мозг. Из нижнего слоя сформируются кишечник, печень, трахея и легкие. Средний же слой превратится в скелет, мышцы, сердце и кровеносные сосуды.

Время идет, и специализация каждой клетки становится все уже. В результате у вас окажется более 200 различных типов клеток. Их форма, размер и характеристики будут чрезвычайно отличаться. Круглые красные кровяные тельца будут плавать у вас в крови и переносить по всему организму кислород. Иммунные клетки – охотиться на незваных гостей. В вашем ухе появятся чувствительные ворсинки, которые будут реагировать на каждый услышанный вами звук, а в мозге будут вспыхивать и

мерцать электрические сигналы, разносимые по длинным нитям ваших нейронов.

ИНТЕРЕСНО

На третьей неделе вы представляете собой трехслойный сэндвич из клеток, из которых образуются кожа, волосы, глаза, нервы и т. д.

В каждой из этих клеток будут находиться одни и те же цепочки ДНК, унаследованные от той самой первой клетки, которая приплыла сюда по фаллопиевой трубе. Этот рецепт копировался снова и снова, из поколения в поколение. Так за счет чего же тогда все эти клетки становятся такими разными?

Ответ кроется в производимых клетками белках. Гены сами по себе ничего не делают. Это просто рецепты, схемы, согласно которым клетки вырабатывают белки. При этом клетки используют только те рецепты, которые им надо, а лишние откладывают в сторону. Таким образом, **каждая клетка способна вырабатывать свой определенный набор белков.** Одни гены то и дело включаются, а другие выключаются. Молекула ДНК тщательно охраняется в клеточном ядре, словно какая-то чрезвычайно редкая кулинарная книга. Когда клетке нужно произвести какой-то белок, она сначала создает копию нужного гена, состоящую из РНК – молекулы, похожей на ДНК. После этого молекула РНК покидает клеточное ядро и направляется на клеточный завод по производству белков.

Прежде чем клетка начнет вырабатывать белок, она немного видоизменяет РНК, и зачастую один и тот же рецепт используется для производства нескольких разных белков. Это как с яблочным пирогом вашей бабушки: иногда для разнообразия она может посыпать его орехами или добавить побольше изюма. Как только подготовительные работы окончены, клетка начинает соединять аминокислоты – строительные кубики, из которых состоят все белки. Завод считывает рецепт – по три основания зараз – и по трем буквам понимает, какую из 20 различных аминокислот нужно использовать. Так, например, если он извлечет последовательность ГАА, то поймет, что надо взять глютаминовую кислоту. Другие буквенные комбинации могут быть либо кодом для другой аминокислоты, либо командой на прекращение сборки. В конечном счете эта длинная цепочка аминокислот принимает трехмерную форму белка. В зависимости от порядка использованных аминокислот белки могут принимать любую форму – от длинных волокон до компактных шариков. Есть даже белки, молекулы которых напоминают микроскопические пропеллеры. Некоторые белки сплетаются

вместе, образуя более крупные структуры, такие как кожа или глаза. Другие же безустанно трудятся внутри клеток: расщепляют питательные вещества, запасают энергию, переносят различные вещества и контролируют всевозможные процессы.

Производя новые белки, клетки могут преображаться и обзаводиться новыми функциями. На третьей неделе часть из них объединяет свои усилия, чтобы создать ваши первые органы. Клетки центрального слоя, часть из которых в итоге станет вашим позвоночником, формируют толстый канат под названием **«хорда»**. Если бы вам было суждено стать ланцетником, то вы оставили бы ее себе на всю жизнь. У этих похожих на рыб животных нет скелета, однако твердая хорда не дает их телам превратиться в обмякшую желеобразную массу. Рыбы и люди же прекрасно обходятся без хорды, как только заканчивается формирование жесткого позвоночного столба. В итоге единственным напоминанием о ней будут амортизирующие прокладки, расположенные между позвонками.

Тем не менее, пока мы в эмбриональной стадии развития, хорда играет для нас не менее важную роль, чем для ланцетников. В частности, она посылает важнейшие сигналы клеткам, чтобы они знали, что им предстоит делать дальше.

Получив соответствующий сигнал от хорды, клетки верхнего слоя начинают формировать толстый диск. По обе стороны от будущего позвоночника края диска начинают подворачиваться в сторону друг друга, образуя трубку. Происходит это где-то через месяц после зачатия. Позже большая часть этой трубки будет преобразована в спинной мозг. На конце, соответствующем будущей голове, трубка раздувается, образуя три небольшие везикулы: ваши клетки берутся за свой самый амбициозный проект – головной мозг. Он начинает создаваться одним из первых, но закончен будет в самую последнюю очередь – клетки будут довольно долго работать над этим самым важным органом. Даже после вашего рождения эта работа будет продолжаться.

Раньше ученые полагали, что развитие мозга более-менее заканчивается к моменту наступления половой зрелости, однако последние десятилетия исследований показали, что серьезные изменения происходят в нем вплоть до 30 лет. Мы еще вернемся к мозгу, прямо сейчас же нас интересует другой орган. Клетки, находящиеся в самой глубине везикулы, начинают испытывать нехватку питательных веществ. Прежде они получали кислород и все необходимые вещества напрямую из окружающего пространства, однако такая схема работает недолго. По мере роста клетки, находящиеся внутри, сталкиваются с риском смерти. На этом все могло бы и закончиться, если бы не ваше

сердце.

Приблизительно через 18 дней после зачатия образуются две небольшие трубки, по одной с каждой стороны будущего позвоночника. За следующие несколько дней они сближаются и сливаются. Клетки вокруг получившейся в результате трубки преобразовываются в новый тип – в клетки сердечной мышцы. Они, в свою очередь, начинают самопроизвольно сокращаться: сжиматься и расширяться, сжиматься и расширяться. Непрерывно. Несмотря ни на что. Ученым удалось вырастить клетки сердечной мышцы в чашках Петри в лаборатории и наблюдать, как каждая из них сокращается независимо от остальных. Когда же эти клетки соприкасались друг с другом, вступая в контакт через узкие поры, то они начинали пульсировать сообща – тук-тук. Итак, всего на 21-й день после зачатия эта маленькая сердечная трубка забьется в первый раз. Отныне она будет работать все время до вашего последнего вздоха: каждый день, каждую секунду, ни разу не останавливаясь.

ИНТЕРЕСНО

Мозг начинает создаваться первым, но закончен будет в самую последнюю очередь.

В это же время по всему прозрачному тельцу станут видны крошечные красные крапинки крови, которые будут объединяться, формируя ваши первые кровеносные сосуды. Следующие несколько часов клетки будут непрерывно сооружать новые кровеносные сосуды, чтобы добраться до всех закоулков вашего организма, который с каждым днем становится все более крупным и сложным. Эти сосуды разветвляются на все более и более мелкие. Самые маленькие из этих ответвлений называются **капиллярами**. Они настолько тонкие, что через них может протиснуться только одна крошечная клетка крови. Если сложить вместе десять капилляров, то их совместная ширина будет сравнима с толщиной человеческого волоса. У них настолько тонкие стенки, что кислород и питательные вещества просачиваются сквозь них и сразу попадают в изголодавшиеся клетки, расположенные вдоль этих капилляров. Благодаря этой грандиозной сети кровь подводится к каждой клетке вашего организма.

Практически у всех животных количество ударов сердца за всю жизнь приблизительно совпадает. Все дело в том, что размеры животных, их продолжительность жизни и частота их сердцебиения связаны между собой. Человек же явное исключение из правил: мы живем гораздо дольше, чем можно было бы предположить, если исходить из примерно 70 ударов в

минуту – частоты, с которой в среднем бьется наше сердце. **Сердце маленькой мышки бьется быстро и отчаянно, совершая не менее 450 ударов в минуту на протяжении года-двух, после чего сдается.** На другом конце спектра голубой кит – самое крупное из когда-либо существовавших живых существ. У голубых китов есть настолько широкие кровеносные сосуды, что мы могли бы свободно в них плавать, а живут они не больше 80 лет. Их сердце, вес которого составляет более 100 килограммов, совершает менее десяти ударов в минуту. С каждым ударом оно отправляет по огромному телу морского млекопитающего тысячи литров крови, причем бьется сердце кита настолько громко, что его слышно за многие километры.

ИНТЕРЕСНО

Но откуда же сердце знает, что ему следует появиться именно здесь и именно в этот момент? Почему оно становится именно сердцем, а не легким или ухом?

Но хватит уже о голубых китах. В конце концов мы пишем историю о вас. Как только маленькая сердечная трубка начинает пульсировать, она принимается перекачивать жидкость по вашему крошечному телу. Ваши клетки еще не закончили с формированием кровеносных сосудов и крови, однако этих тоненьких струек пока вполне достаточно. Теперь вы превосходите по размеру зернышко риса. Но откуда же сердце знает, что ему следует появиться именно здесь и именно в этот момент? Почему оно становится именно сердцем, а не легким или ухом? Чтобы это понять, нам сначала нужно разобраться, как клетки общаются между собой.

Глава 7
Язык клеток для чайников

Клетки постоянно общаются между собой. Они болтают о том, что мы едим и пьем, о пробравшихся в наше тело бактериях, о нашем стрессе или страхе. *«Стоит ли начать здесь воспалительную реакцию? Может быть, расширить эти сосуды? С нужной ли скоростью бьется сердце? Достаточно ли жира мы расщепляем?»* Миллиарды разговоров, протекающих без единого звука.

Молекулы – вот язык клеток. Они общаются, отсылая и получая химические послания, которые, как правило, представляют собой разнообразные белки. Некоторые из них напоминают громкие крики и стремительно разносятся по крови во все концы. Стоит вам что-то съесть, как поджелудочная железа

тут же выкрикивает название гормона белковой природы: *«ИНСУЛИН!»* Как только клетки печени получают это белковое послание, они начинают собирать сахар из крови в длинные цепочки и откладывать их на потом, для дальнейшего использования. Печени приходилось бы очень тяжело, если бы поджелудочная железа не держала бы ее постоянно в курсе дела и не рассказывала о ваших приемах пищи. Печень занимается обработкой сахара в крови: она то запасается энергией для использования в будущем, то высвобождает ее, когда необходимо. Если вы не позавтракаете либо позволите себе кусок торта перед обедом, то можете не сомневаться: ваши клетки немедленно это обсудят. Бывают у клеток и более интимные разговоры со своими соседями. Для этого они выделяют небольшие порции различных веществ в окружающую их жидкость. Кроме того, для них не редкость поговорить и самим с собой. Иммунная клетка, обнаружившая инфекцию, произнесет сама себе своего рода напутственную речь и только потом пустится в атаку.

ИНТЕРЕСНО

Клетки постоянно общаются между собой при помощи молекул, так что если вы не позавтракаете или позволите себе кусок торта перед обедом, можете не сомневаться: ваши клетки немедленно это обсудят.

Все клетки окружены тоненькой пленкой, называемой клеточной мембраной, и лишь некоторые молекулы способны проходить через эти мембраны и проникать в клетки без разрешения. Так что большая часть посланий доставляется не напрямую, а путем присоединения к молекулам-рецепторам, расположенным на поверхности клетки. Послание и рецептор подходят друг другу, как ключ и замочная скважина. Так, например, на поверхности клеток печени расположены инсулиновые рецепторы. Когда молекула инсулина прицепляется к этому рецептору, она запускает ряд цепных реакций внутри клетки. Двери для сахара в крови распахиваются, и печень начинает запасаться питательными веществами.

Многие болезни – это следствие нарушения взаимодействий между клетками. При диабете первого типа поджелудочной железе не удается быть услышанной: она оказывается не в состоянии производить достаточно инсулина. По какой-то неизвестной причине иммунная система организма начинает атаковать клетки, вырабатывающие инсулин, так что обычный окрик «Эй!» в сторону печени превращается в вежливое покашливание. Как результат, пациенту самому приходится посылать инсулиновые послания клеткам своего организма с

помощью шприца. При диабете второго типа поджелудочная железа пытается доложить, что человек поел, однако клетки ее не слышат. Инсулин выделяется в кровь, но ему не удается присоединиться к рецепторам на поверхности клеток. Опасность такого диабета в том, что клетки убеждены, будто они оголодали, независимо от того, насколько плотно человек поел. Печень же, несмотря на этот сбой, продолжает расщеплять свои запасы энергии, и уровень сахара в крови подскакивает до опасных значений – повышается риск развития гипергликемической комы. Будучи не в состоянии использовать этот сахар, организм вынужден выводить его через мочу. Таким образом, частое мочеиспускание и чрезмерная жажда являются распространенными симптомами диабета, который также приводит к появлению у мочи сладковатого вкуса и запаха. На заре медицины, кстати, врачи в диагностических целях пробовали на вкус мочу больных диабетом. Такой вид диагностики явно не смущал, например, английского врача Томаса Уиллиса, который в 1674 году сообщал в своих записках, что моча, которую он попробовал, была «невероятно сладкой, словно пропитанной медом или сахаром». Именно он предложил добавить к названию болезни прилагательное «сахарный». Термин «сахарный диабет» используется и по сей день.

Отлаженное взаимодействие позволяет нашему организму быть сплоченной коммуной, количество жителей которой превышает число галактик во Вселенной. Вы можете питаться чем попало, соваться из жары в холод и обратно, отдыхать, бегать, вставать спозаранку или не спать до утра. Что бы вы ни делали, ваш организм проследит за тем, чтобы внутри все оставалось удивительно стабильным. Он заботится о том, чтобы кислотность крови была достаточной, распределяет пищу и энергию, избавляется от отходов и разбирается с плохими бактериями, а вы обо всем этом даже не догадываетесь.

Чтобы сообща выполнять разные задачи и давать друг другу указания, клетки как раз используют химические послания. Здесь нет начальства, никто не знает наперед, что именно он будет делать и что должно получиться в результате. В конце концов ни одной клетке заранее не показывали, что конкретно ей нужно создать. Все, что клетки делают, – это шаг за шагом выполняют поэтапно получаемые инструкции. Замысловатые формы и структуры вашего организма появляются постепенно, по мере того как клетки выполняют длинные наборы простейших указаний. Это немного напоминает складывание фигурок оригами. Нужно всего лишь сгибать лист бумаги в разных местах и направлениях, следуя четкой пошаговой инструкции.

В процессе не очень понятно, что же получится, пока в руках внезапно не окажется бумажный журавлик или кораблик. Подобные невероятные вещи можно встретить в природе, когда группа животных полагается на набор простых правил. Один из таких примеров – невероятные переливающиеся узоры, которые создает в небе стая скворцов. Маленькие птички стараются не подлетать слишком близко друг к другу, но двигаются при этом в одном направлении. Получающееся в результате зрелище завораживает, создается иллюзия, будто птицы заранее договорились о таком представлении.

ИНТЕРЕСНО

Создавая органы, откуда клетки знают, где право, а где лево?

«Сделайте трубку», – услышали ваши клетки, когда начали формировать ваше сердце. Когда сердечная трубка только появляется, она расположена ровно посередине вашего симметричного тела. Ваша левая сторона – идеальное отражение правой как снаружи, так и внутри. Но так будет недолго. В следующие несколько недель сердечная трубка нарушит эту симметрию. Она примет форму сплющенной буквы S, образовав петлю и сформировав четыре камеры. Если все пойдет по плану, то получившееся сердце окажется между легкими, будет сужаться книзу и выступать влево. Другие органы тоже прочно разместятся по разные стороны тела: желудок и селезенка расположатся слева, а печень устроится справа.

ИНТЕРЕСНО

Клетки не в состоянии определить, насколько рационален полученный ими сигнал, поэтому, если команду послать не в том направлении, человек родится с генетической патологией.

Но откуда ваши клетки узнают, где право, а где лево? Как оказалось, все эти микроскопические приготовления они делают задолго до появления подобной асимметрии. Когда вы выглядели как плоская тарелка, на некоторых клетках вдоль вашего будущего позвоночника выросли тоненькие волоски под названием *«реснички»*. Эти волоски начали быстро вращаться в одну сторону, создавая поток жидкости, направленный влево. Тем самым они в буквальном смысле слова поворачивали разговор в определенное русло. Белковые послания от клеток, расположенных по центру, шли влево. Как результат, обе стороны получали немного различные команды и развивались по-разному.

У людей с редчайшей генетической патологией под названием «синдром Картагенера» внутренние органы размещены зеркально по сравнению с их обычным положением. Так, сердце бьется справа, в то время как печень трудится слева. Подобное искажение не доставляет человеку особых проблем. Он лишь часто подхватывает респираторные инфекции и испытывает трудности с зачатием. Все дело в том, что маленькие волоски на клетках работают не так, как надо. Клетки используют реснички не только для того, чтобы направлять молекулы, пока вы находитесь еще в стадии эмбриона.

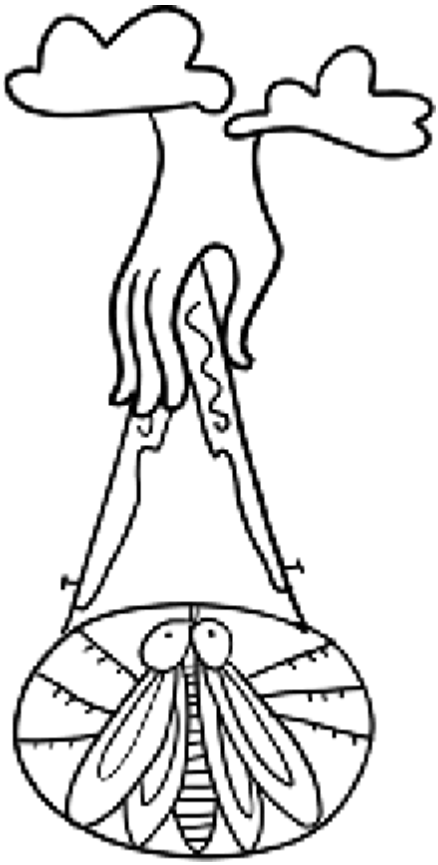
Уже в сформировавшемся организме эти волосатые клетки можно найти во многих местах, например в легких, где они избавляются от проглоченной пыли и грязи – вы их потом откашливаете. А если человек лишен подобной очистной системы, ничто не мешает бактериям обосноваться, где им вздумается, что приводит в итоге к развитию инфекции.

С подобными проблемами сталкиваются еще и курильщики, так как в результате курения волоски на клетках разрушаются. У мужчин с синдромом Картагенера, помимо прочего, нарушена и репродуктивная функция: хвостики сперматозоидов, с помощью которых они передвигаются, плохо функционируют.

Клетки не в состоянии определить, насколько полученный ими сигнал рационален, полезный он или абсолютно безумный. Поэтому, если сигнал о создании сердца послать не в том направлении, клетки с правой стороны не заподозрят ничего неладного. Они, образно говоря, глухие и слепые и взаимодействуют с миром только посредством молекул. Если им говорят: «Сердце, сердце, сделай сердце», то им ничего не остается, кроме как выполнить приказ. Но как именно молекулы определяют дальнейшую судьбу клетки?

Хотите – верьте, хотите – нет, но ответ мы можем получить у простой плодовой мушки.

Глава 8
Искусство создания плодовой мушки



ЧЕТВЕРТАЯ НЕДЕЛЯ

День 24

Четвертая неделя. Пришло время сделать шаг назад и немного вами полюбоваться. У вас получилось! Только задумайтесь! Вы больше не просто какой-то диск, похожий на блюдце. Ваши клетки блуждали, росли, крутились и теперь превратились в нечто, напоминающее забавную маленькую личинку. Вы всего несколько миллиметров в длину, и вас хорошо бы поместить под микроскоп, чтобы разглядеть, что же вы собой представляете, но у вас уже отчетливо различимы верхняя и нижняя части, а внутри формируются новые органы. Еще у вас есть пульсирующая красная сердечная трубка и расширяющаяся в вашей голове нервная трубка, а также трубка кишечника, проходящая сквозь ваше мохнатое прозрачное тело.

На все это у вас ушло всего три недели – всего ничего, а уже такие перемены. Но, с другой стороны, плодовая мушка, например, умудряется стать полностью сформировавшейся личинкой менее чем за сутки: нет смысла тянуть, когда жить тебе предстоит какие-то несколько недель. Вылупившись из яйца, эта блестящая белая личинка выползает наружу, чтобы есть и расти. Пять дней спустя ее вес увеличивается более чем в тысячу раз.

Теперь личинка может спокойно превратиться в куколку, где ее клетки добавят необходимые штрихи к портрету, и… шедевр готов! Появляются глаза, усики, крылья и ножки, а дней через девять вылетает готовая плодовая мушка. Ровно столько времени у вас ушло на то, чтобы зарыться в матку вашей матери.

Для биологов плодовая мушка – нечто большее, чем надоедливый кухонный вредитель. Вот уже больше века эти насекомые помогают ученым проводить генетические исследования. Сложно придумать более подходящее подопытное существо: они маленькие, нетребовательные, живут недолго и быстро растут. Но подождите. Что же мы можем узнать, изучая эти крошечные создания? Плодовые мушки совершенно на нас не похожи. Тем не менее перед этой крошечной личинкой стоит такая же непростая задача, что и перед человеком: ей нужно создать полноценный организм, в котором все будет на своих местах. Причем, чтобы этого добиться, нам обоим необходимо проделать один и тот же трюк: разделить свое тело на сегменты.

На четвертой неделе после зачатия ваши сегменты впервые становится видно. С двух сторон спины, рядом с головой появляются два небольших бугорка, именуемых сомитами. Приблизительно час спустя появляется еще одна пара, а затем еще одна, и так далее, пока пар не станет 44 и они не будут простираться вдоль всей вашей спины. В результате на вашем позвоночнике появятся всевозможные странные штуковины – у вас сформируются плечи, ребра и таз, но предшествует всему этому повторяющаяся структура. Ваш позвоночник делится на маленькие позвонки, все одинаковой формы. Впоследствии они изменятся, подстраиваясь под свое расположение: верхние станут узкими, чтобы вы могли кивать или качать головой, нижние же, напротив, расширятся и сделаются более крепкими. Мышцы живота у нас также поделены на сегменты, что хорошо заметно на натренированном теле.

У плодовой мушки в личиночной стадии подобные сегменты тоже хорошо различимы: вдоль всего тельца можно разглядеть небольшие канавки. Позже, когда личинка превратится в мушку,

у нее вырастут разные части тела в зависимости от расположения каждого сегмента. Из первого сегмента сформируется голова с глазами и усиками, а последние станут брюшком. Обычно маленькая мушка вылетает из кокона с правильно расположенными крыльями и усиками. Но иногда все идет не совсем по плану. Некоторые плодовые мушки появляются на свет с крупными волосатыми лапками, торчащими из головы вместо тоненьких усиков. У других же вырастают лишние пары крыльев либо лапки появляются в районе рта. «Что за чертовщина? – скажете вы. – Что случилось с этими крошечными созданиями?»

В 1970-х ученые почти приблизились к разгадке. Генетик Эдвард Льюис вместе с коллегами из Калифорнийского технологического института изучил гены мушек-мутантов и обнаружил, что каждая такая трансформация была вызвана повреждением одного из генов. Ученые быстро отследили все восемь генов: они все были расположены в третьей хромосоме мушки. Как это ни странно, гены в цепочке ДНК были расположены в том же порядке, что и контролируемые ими части тела. С одного конца цепочки ДНК были гены, отвечавшие за голову, а с другой – влиявшие на формирование брюшка. Гены, расположенные между ними, соответственно, отвечали за туловище мушки.

ИНТЕРЕСНО

Некоторые особи плодовой мушки появляются на свет с генетическими патологиями: лишней парой крыльев, лапками в районе рта. Причина – повреждение одного из генов.

Эти гены получили название «Нох-гены». Если их изменить, то некоторые части тела мушки окажутся не на своих местах. Возьмем, например, ген Ultrabithorax, чья задача, наряду с остальными Нох-генами, заключается в том, чтобы сообщать клеткам, что они расположены в последнем из трех сегментов туловища мушки. Без сигнала от него эти клетки будут думать, что размещены в сегменте, находящемся дальше, и в результате станут создавать те части тела, которые относятся к этому сегменту. Послушные клетки даже догадываться не будут, что на самом деле должны формировать крошечные, в форме ложки, органы равновесия, торчащие прямо за крыльями, без которых мушка не способна летать, даже если у нее вдруг появится дополнительная пара крыльев. Таким образом, Нох-гены так или иначе следят за тем, чтобы клетки в различных сегментах вели себя по-разному. Но как именно им это удается? Чем же на самом деле занимаются эти таинственные гены?

В 1980-х годах Уолтер Геринг вместе со своими коллегами из Базельского университета нашел ответ на эти вопросы. Генная инженерия стремительно развивалась, благодаря чему появилась возможность копировать определенные участки ДНК и исследовать, из чего они состоят. Буква за буквой ученые воссоздали код Нох-гена. А спустя некоторое время обнаружили строчку из 180 букв, которая подходила ко всем генам независимо от того, за формирование какого сегмента они отвечали. Ученые поняли, что ключ к пониманию работы Нох-генов именно в этой последовательности из 180 букв, которую они назвали **«гомеобокс»**. Но разве она не попадалась им раньше? Исследователи принялись изучать свои базы данных, чтобы сравнить эти 180 символов с расшифрованными прежде генами. Постоянно натыкаясь на эту последовательность, они заметили закономерность: все гены, в которых встречались эти 180 букв, производили белки, прикрепляющиеся к ДНК. Белки же способны включать и выключать гены, и это стало известно благодаря еще одному любимчику биологов – кишечной палочке.

Мои друзья смотрят на меня с явным скептицизмом, когда я говорю им, что развожу у себя в лаборатории кишечную палочку. Эти бактерии, увы, заслужили плохую репутацию среди обывателей, а все благодаря некоторым весьма сомнительным членам их семейства, которые вызывают ужасные кишечные заболевания. Вместе с тем это крайне несправедливо, так как большинство разновидностей кишечных палочек совершенно безвредны и никогда не вызывают рвоту. Безобидные кишечные палочки обитают у вас в кишечнике с самого начала. Более того, они не пускают туда своих по-настоящему опасных собратьев. В лаборатории мы выращиваем кишечные палочки в желтой очень питательной жидкости при температуре 37°C – все, как они любят. В знак благодарности эти бактерии копируют ДНК, создавая для нас белки. Они наши крошечные биологические заводы, и без них мы как без рук.

ИНТЕРЕСНО

Безобидные кишечные палочки обитают у вас в кишечнике с самого начала. Более того, они не пускают туда своих по-настоящему опасных собратьев.

В 1960-е годы французы Жак Моно и Франсуа Жакоб изучили влияние различных питательных веществ на кишечные палочки. Они обратили внимание, что если предоставить кишечным палочкам доступ одновременно к глюкозе и лактозе, то они первым делом принимаются наворачивать глюкозу – свое излюбленное лакомство. Это как ваза со сладостями: никто не

станет есть ириски и карамельки, пока там еще остались шоколадные конфеты. Бактериям гораздо проще получить энергию именно из глюкозы. Чтобы использовать лактозу, им приходится сначала разделять ее на маленькие кусочки с помощью специальных белков-ножниц, так что бактерии не заморачиваются с этим белком, пока остается хотя бы немного глюкозы. Весьма практично, но только вот как такому простому организму даются столь важные решения?

Чтобы создать белки-ножницы, расщепляющие лактозу, бактерия использует рецепт, записанный в одном из генов ее ДНК. Сначала ей нужно сделать копию этого рецепта, и затем послать ее на белковый завод. Однако Моно и Жакоб обнаружили, что бактерия производит также и другой белок, который не дает сделать эту копию. Он прицепляется к цепочке ДНК прямо напротив нужного гена, тем самым удерживая его в выключенном положении. Только после отсоединения этого мешающего белка бактерия может начать использовать данный рецепт для производства белков-ножниц. Кроме того, они обнаружили, что бактерия делает еще один белок с прямо противоположным эффектом: когда этот белок присоединяется к цепочке ДНК, то копировать нужный рецепт становится проще. Ген удерживается во включенном состоянии, и бактерия быстрее усваивает лактозу.

Итак, можно включать и выключать гены, подсоединяя к ДНК различные белки. Именно так и работают белки, производимые Нох-генами. Каждый Нох-белок подсоединяется к соответствующему участку ДНК, и – щелк! – целый набор разных генов включается или выключается.

Плодовая мушка устроена сложнее крошечной бактерии. Она состоит из нескольких разных органов, в каждом из которых находятся работающие сообща специализированные клетки. Таким образом, плодовой мушке приходится выделять довольно внушительные участки своей ДНК на то, чтобы контролировать время и место активации различных генов. У людей этот механизм еще сложнее.

Раньше ученые называли все участки ДНК, в которых не было генов, «мусорными», поскольку у них не было каких-либо явных функций.

В наши дни этот термин почти не используется, потому что ученые находят все новые и новые смыслы, запрятанные в этих таинственных и кажущихся иногда пустыми строчках ДНК.

Между генами в ДНК расположены буквенные последовательности, которые работают как генетические переключатели. Определенные белки распознают эти

последовательности и помогают гену сработать в нужный момент и в нужном месте. Эти генетические переключатели можно сравнить с выключателями света у нас дома. Некоторые из них, те, что поважнее, регулируют все освещение в комнате, а другие включают и выключают только настольную лампу.

Нох-гены производят белки, которые как раз и выполняют роль главных переключателей для целых наборов генов, а также делают все необходимое, чтобы в разных сегментах вырабатывались разные белки, то есть чтобы у плодовой мушки усики выросли на голове, а крылья – на туловище.

Тут возникает важный вопрос: что все это значит для нас? Я ведь пообещала, что эта история будет о вас, а вот пишу подозрительно много о каких-то плодовых мушках. Чтобы найти наших общих предков с плодовыми мушками, нам бы пришлось вернуться более чем на полмиллиарда лет назад – нас сложно назвать близкими родственниками.

В прошлом считалось, что гены, отвечающие за формирование тела плодовой мушки, кардинально отличаются от соответствующих генов у людей. Но все буквально встало с ног на голову в 1980-е, когда ученые, начав поиски Нох-генов у животных, стали находить их повсюду. Эти гены были у червей и рыб, у лягушек и мышей.

А что насчет людей? Мы тоже оказались не исключением. Разумеется, у нас все несколько сложнее: в нашем геноме целых четыре набора Нох-генов, а не один, как у плодовых мушек. Принцип между тем остается тот же: судьба бугорков вдоль вашей спины, когда вы еще в стадии зародыша, определяется различными комбинациями Нох-генов. Они контролируют, чтобы вдоль вашего позвоночника все формировалось как надо: лопатки вверху, таз внизу, а между ними ребра.

ИНТЕРЕСНО

После полумиллиарда лет эволюции прежние гены все еще используются, только уже по-новому и в новых комбинациях.

Подобно тому, как с помощью гвоздей и молотка можно построить сарай, особняк или церковь, посредством Нох-генов создаются и плодовая мушка, и мышь, и человек. Дело не только в том, какие гены есть в наличии. Важно то, как они используются. **Честно говоря, у нас с плодовыми мушками больше половины генов общие.** Нашим с ними предком, может, и был какой-нибудь червяк, однако даже червю нужны гены, чтобы его голова отличалась от хвоста. После полумиллиарда лет эволюции эти гены по-прежнему используются, только уже по-

новому и в новых комбинациях. Как мы с вами вскоре увидим, Нох-гены для нас далеко не единственные сувениры из прошлого.

Глава 9
Наследство из океана

ВТОРОЙ МЕСЯЦ

Пятая неделя

К началу пятой недели вы размером уже примерно с горошину. У вас крошечное прозрачное свернутое клубком тело, а голова прижата к длинному хвосту. У вас еще толком нет лица: лишь смутные очертания глаз прослеживаются по бокам головы. В жизни не подумаешь, что из вас получится человек: прямо сейчас вы похожи скорее на креветку. Еще вдоль вашей шеи появились четыре небольшие складки, разделенные глубокими морщинами, а прямо под ними бьется красный комочек вашего крохотного сердца.

Все, что ваши клетки делали вплоть до этого момента, казалось весьма логичным: они росли и объединялись, формируя основу, от которой потом можно будет отталкиваться. Теперь же такое ощущение, что они попросту начали халтурить. С какой такой стати, например, им взбрело в голову сделать этот совершенно ненужный хвост? Ведь в конечном счете он

превратится в какой-то костяной обрубок, копчик, на который очень больно падать. Ни один инженер в здравом уме не стал бы создавать что-то подобное. И какой вообще смысл в этих складках на шее, которые потом пропадут? Не слишком ли они напоминают рыбьи жабры?

Однако не одни мы, люди, идем такими окольными путями в своем развитии. Если изучать эмбрионы ящерицы, курицы или слона, то обязательно наткнешься на то же самое странное создание. В начале XIX века немецкий биолог Карл Эрнст фон Бэр обратил внимание на подобные сходства, однако придумать этому логичное объяснение не смог. Тогда разгадку предложил Дарвин. В 1859 году он опубликовал свой знаменитый труд «Происхождение видов», в котором целую главу посвятил эмбрионам. Он объяснил, что загадочные сходства между эмбрионами различных видов, видимо, объясняются нашими общими корнями.

ИНТЕРЕСНО

Зачем вам хвост на этапе развития? Или складки на шее, напоминающие жабры?

У нас общая история с рыбами, саламандрами и курицами, история длиной в сотни миллионов лет. Начинается она с пустого и безжизненного мира, в океанских глубинах которого вот-вот зародится жизнь. Наши предки, похожие на нынешних рыб, скитаются по просторам этого древнего океана. Проходит какое-то время, и голые скалы на суше начинает застилать мох, а скорпионы и сороконожки принимаются исследовать зеленеющие мелкие заросли. Растения тянутся вверх, глубоко уходя корнями в землю, которая теперь покрыта слоем плодородной почвы. Вскоре она уже полна насекомыми, копошащимися в зарослях огромных папоротников. Воздух теплый, влажный, и в нем полно кислорода. Наши предки пока обитают в болотах древних лесов. У некоторых из их потомков появятся позже легкие и жесткие плавники, а потом (около 400 миллионов лет назад) первые земноводные выберутся из воды на сушу. Но далеко от воды отходить не будут, ведь именно здесь зародилась их жизнь. Без воды их яйца высохнут и скукожатся на солнце. Но проходит некоторое время, и рептилии находят решение этой проблемы: они начинают откладывать яйца с толстой скорлупой, которая защищает от потери влаги. Еще какое-то время спустя (примерно 200 миллионов лет назад) появляются первые млекопитающие, вынашивающие потомство в собственной утробе, где их будущим детенышам уже не угрожают внешние факторы. Со временем появляются млекопитающие без

шерсти на теле и ходящие на двух ногах – первые люди. Наши последние, общие с шимпанзе, предки жили примерно шесть миллионов лет назад. **А вся наша с вами история лишь крошечный отрезок времени по сравнению с 3,8 миллиарда лет эволюции всей жизни.** Между тем мы по-прежнему начинаем свою жизнь водоплавающими существами: мы создаем для себя свой собственный соленый океан (околоплодные воды), в котором остаемся до тех пор, пока не будем готовы сделать первый вздох.

Если вспомнить, что наше тело – это, по сути, переделанная рыба, то ему многое можно простить. Все, что может показаться глупым и нелогичным, тут же обретает смысл. Возьмем, к примеру, икоту. Вы были трехмесячным эмбрионом, когда впервые испытали на себе это слегка раздражающее явление. Во время икоты мышцы, отвечающие за дыхание, непроизвольно сокращаются, и мы резко вдыхаем воздух. Скорее всего этот механизм унаследован нами от наших земноводных пращуров: для людей этот рефлекс едва ли можно назвать полезным, а вот для головастиков он крайне важен. Где-то в середине процесса развития у головастика есть одновременно и легкие, и жабры (так же было и у наших предков). Когда он дышит под водой, то это похоже на затяжную икоту. Перекрывая горло, головастик блокирует доступ к легким и проталкивает воду через жабры.

ИНТЕРЕСНО

Небольшая впадинка между верхней губой и носом – это результат несколько неуклюжего процесса формирования нашего лица.

Еще один характерный пример – небольшая впадинка, расположенная между верхней губой и носом. Ее называют губным желобком, а по-научному – фильтрум (от лат. philtrum). Когда я была маленькой, то думала, что она нужна, чтобы туда стекали сопли во время насморка, однако на самом деле у этой впадинки нет никакой специальной функции. Она лишь результат несколько неуклюжего процесса формирования нашего лица. В самом начале наше лицо состоит из трех отдельных частей: глаза расположены по бокам головы, совсем как у рыбы, а ноздри находятся сверху. Затем каждая часть начинает постепенно сдвигаться к одной точке: ноздри сползают вниз, а глаза сдвигаются к середине. В конце концов все три части сливаются вместе там, где у вас сейчас находится нос. Чрезвычайно важно, чтобы все три сегмента встретились одновременно. Даже небольшая задержка может привести к весьма заметным последствиям: вы можете родиться, например, с волчьей

пастью[1]. Если же все идет по плану, то кожа и мышцы переплетаются так, что на месте соединения не остается никакого следа, кроме этой самой небольшой вертикальной канавки, которая всю жизнь будет напоминать о тех временах, когда вы выглядели совершенно иначе.

ИНТЕРЕСНО

В самом начале лицо состоит из трех отдельных частей: глаза расположены по бокам головы, совсем как у рыбы, а ноздри находятся сверху.

Те четыре складки с расщелинами между ними, которые появляются на нашей шее в процессе эмбрионального развития, тоже наследство из океана. У эмбрионов рыбы из этих расщелин формируются щели между жабрами, через которые в процессе дыхания проходит вода. Из самых верхних складок получается челюсть, а две последние образуют вспомогательные ткани для жабр. У земноводных, рептилий и млекопитающих развиваются точно такие же складки с расщелинами, однако эволюция нашла им новое применение. Так, например, у нас из верхних складок формируется не только челюсть, но и косточки, с помощью которых мы слышим. У земноводных и рептилий из второй складки получается небольшая ушная косточка, которой нет у рыб, – **стремечко**. Оно позволяет слышать звуки на воздухе, где звуковые волны распространяются медленнее, чем в воде. Проходя через воду, звуковые волны посылают вибрации сквозь все тело рыбы, и в итоге они достигают органов слуха, расположенных прямо за глазами. На суше же звуковые волны необходимо усилить, чтобы они могли активировать сенсорные клетки. Под действием звуковых волн стремечко стучит по мембране на границе внутреннего уха, создавая волны в расположенной за ней жидкости, и тогда находящиеся в ней волосковые сенсорные клетки начинают свой танец. Одни клетки предпочитают сильные, быстрые волны, соответствующие высоким частотам, а другие выплясывают только под басы. Когда какая-то из клеток начинает танцевать, открывается небольшой канал, по которому она передает определенные химические вещества нервной клетке, а та, в свою очередь, посылает электрический сигнал сначала слуховому нерву, а потом и в мозг.

Млекопитающие со слухом пошли еще дальше. Изучая окаменелости, ученые обнаружили, что со временем кости в задней части челюсти рептилий становились меньше, пока наконец не оказались в ухе первых млекопитающих. Эти две косточки называют молоточком и наковальней, и они помогают стремечку усиливать звуковые волны, поочередно вибрируя за

барабанной перепонкой, пока сигнал не достигнет внутреннего уха. Именно благодаря такой реконструкции челюсти мы слышим гораздо лучше рептилий.

Вместе с тем следы нашей эволюции ученые находят не только у эмбрионов и в ископаемых. Теперь в нашем распоряжении есть новый инструмент: мы можем сравнивать между собой ДНК различных видов. Дарвин, который даже не догадывался о том, как устроены гены и механизм наследственности, определенно аплодировал бы нам за все совершенные с тех пор открытия. Мы узнали, что плодовые мушки, рыбы и люди унаследовали крайне важные гены от одного общего предка. Мы используем эти гены, чтобы сформировать основу для нашего тела, состоящую из спины, передней части, головы и хвоста. От более близких предков нам достались гены, позволяющие обзавестись скелетом, спинным и головным мозгом.

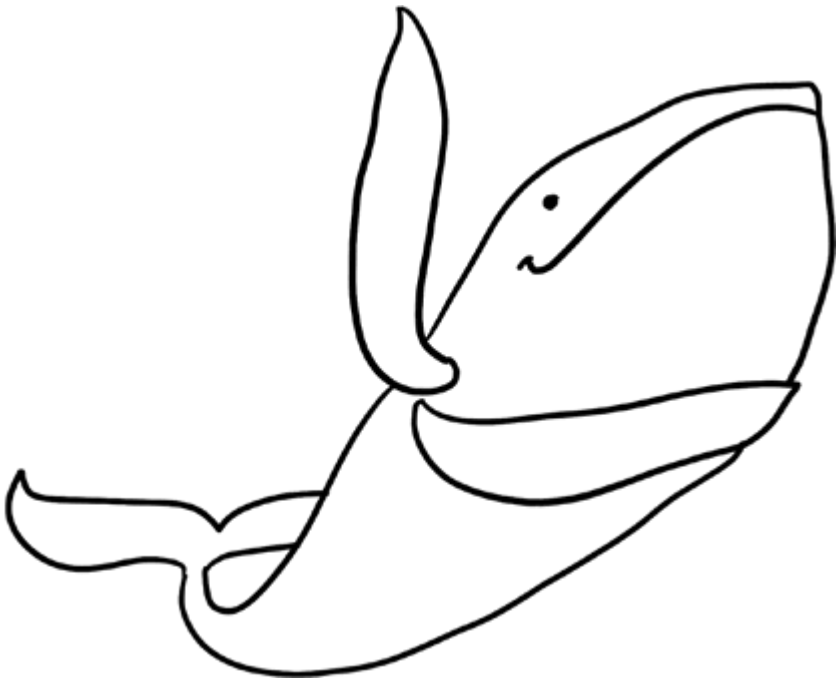
Люди, птицы и рыбы выглядят совершенно по-разному, но при этом для формирования наших тел используются одни и те же гены. Как же этим конкретным генам удалось сохраниться, в то время как многие другие необратимо изменились? Наверное, все дело в их исключительной важности. Гораздо опаснее менять ген, который активируется на ранних этапах развития организма, чем тот, который вступает в дело сильно позже. Это все равно что ломать несущую стену дома вместо того, чтобы просто пристроить к ней балкон. Эмбрионам с дефектами в этих генах скорее всего будет не суждено стать полноценными особями, а значит, и передать свои измененные гены потомкам они не смогут.

ИНТЕРЕСНО

Люди, птицы и рыбы выглядят совершенно по-разному, но при этом для формирования их тел используются одни и те же гены.

Так что гораздо проще оттачивать детали и постепенно добавлять новые характеристики. Путь к тому, чтобы стать человеком, весьма извилистый, и нам ничего не остается, кроме как с этим смириться.

Глава 10
Двумя руками «за»



Итак, мы несем и, вероятно, впредь будем нести на себе наследие из океана, однако вскоре станет понятнее, что в утробе вашей матери зародился именно человек, а не рыба или головастик. К началу шестой недели вы уже почти сантиметр в длину. Складки вокруг шеи начинают формировать лицо, а глаза теперь отчетливо видны в виде двух маленьких черных пятнышек. Ваша голова прижата к груди, в которой бьется сердце. Хвост все еще на месте, однако он перестал расти и скоро вовсе исчезнет. Нервная трубка и кровеносные сосуды отчетливо различимы под тонким слоем прозрачной кожи, а по бокам туловища сверху и снизу появились по два небольших отростка – ваши будущие руки и ноги. Точно так же образуются крылья у курицы или огромные ноги у бегемота – в самом начале они ничем не отличаются от наших конечностей. Даже у эмбриона кита формируются похожие отростки, хотя из них потом не вырастают ни руки, ни ноги, ни крылья.

Киты на самом деле произошли от первых млекопитающих, которые ходили по земле на четырех лапах, а потом вернулись в море. Среди современных животных их

ближайшие родственники как раз бегемоты. Но по итогам внутриутробного развития у китов от эмбриональных отростков остается несколько коротких костлявых обрубков, а ноги, как у бегемота, не вырастают. Ваш хвост ожидает та же участь. Он будет постепенно сжиматься, пока от него не останется только копчик. В отличие от кита, однако, вы определенно нуждаетесь в паре рук и ног, поэтому вскоре отростки по бокам вашего туловища начнут вытягиваться и станут похожи на крошечные ласты.

«На начальном этапе у человека и животных конечности формируются одинаково».

Именно с этими ластами клетки и начнут работать над первыми эскизами вашего будущего скелета. Изготовлен он пока из хрящевой ткани – сплошного материала, состоящего из белкового волокна и амортизирующей желеобразной субстанции. Сначала эти клетки формируют структуру, из которой впоследствии образуется, например, ваше плечо. По мере роста плечевой кости клетки переключатся на предплечье, а затем наконец создадут кисть и пальцы. Ноги появляются точно так же – от бедра к ступне. Чтобы клетки могли сформировать нужные кости в нужном месте, им необходимо точно знать, где именно те находятся, и эту информацию они получают в виде порций из разных комбинаций химических сигналов.

Одно из передаваемых им веществ – белок *Sonic Hedgehog («звуковой еж»)*. Этот термин может показаться вам знакомым (есть компьютерная игра с таким же названием), и если вам любопытно, почему белок назвали в честь какого-то ежа, то разгадка снова кроется в плодовых мушках. Чтобы понять, что именно делает тот или иной ген, ученые изучают изменения, которые происходят, когда этот ген перестает работать. А поскольку исследуют они это на разных подопытных животных, то называть то или иное явление или открытие именем того животного, с которым приключилось что-то необычное или на которого похоже то, что они видят, стало привычным делом. Изучая плодовых мушек в начале 1980-х, генетики обнаружили, что при уничтожении определенного гена их эмбрионы покрываются небольшими заостренными наростами. Такие эмбрионы напомнили им маленьких ежат, вот этот ген и получил название *Hedgehog («еж»)*. Обнаружив три его вариации у людей, ученые решили назвать две из них в честь двух видов ежей – *Indian Hedgehog (индийский еж)* и *Desert Hedgehog (эфиопский еж)*, а третью в честь персонажа популярной компьютерной игры – *Sonic Hedgehog*.

ИНТЕРЕСНО

На начальном этапе у человека и животных конечности формируются одинаково.

Гены Hedgehog определенно не единственные, кому достались забавные названия. Возьмем, к примеру, ген *«Кен и Барби»*. У плодовых мушек с мутацией в нем отсутствуют наружные половые органы – прямо как у кукол, из-за которых ген и получил свое название. Еще один яркий пример – «Швейцарский сыр». Если у плодовой мушки в этом гене, к несчастью, обнаружится повреждение, то мозг насекомого будет дырявым, словно этот самый сыр.

ИНТЕРЕСНО

Несмотря на использование клетками одного и того же гена во многих местах, органы сильно отличаются друг от друга.

Формируя ваш организм, клетки во многих местах пользуются геном *Sonic Hedgehog*: в кишечнике, легких, мозге, руках и так далее. Причина, по которой одни и те же команды применяются повторно в разных участках организма, в том, что клетки интерпретируют их по-разному. Реакция клеток на послания зависит от их предыдущего опыта, полученной дозы, а также от момента ее получения. По сути, принцип тот же самый, что и в общении между людьми. В зависимости от ситуации мы можем придать одному и тому же предложению совершенно иной смысл. Если мой коллега подойдет ко мне с утра в лаборатории и предложит немного вместе поэкспериментировать, то я с радостью соглашусь. Если же с подобным предложением ко мне обратится какой-нибудь странный тип в баре, то я буду настроена куда более скептически. А если кто-то постоянно будет, не переставая, кричать мне: «ДАВАЙ ВМЕСТЕ НЕМНОГО ПОЭКСПЕРИМЕНТИРУЕМ!» – это будет уже явным перебором даже в пределах лаборатории.

А как же клетки ваших маленьких ласт реагируют на ген *Sonic Hedgehog*? Белковое послание формируется на том месте, где позже должны появиться пальцы, потом оно распространяется на окружающие клетки, расползаясь подобно молоку в чашке кофе. Рядом с источником послания, где белков этого гена целое скопление, клетки понимают, что им нужно сделать мизинец. Дальше, где белка поменьше, они формируют безымянный, средний и указательный пальцы. Клетки, почти не получившие белкового послания, образуют большой палец. Таким образом, одно и то же послание несет в себе различную судьбу для

множества клеток.

Поначалу ваши пальцы соединены перепонками, но на восьмой неделе они разделяются. Подобное преобразование происходит посредством хорошо скоординированного массового клеточного суицида. Все начинается, когда клетки ваших будущих пальцев дают команду к гибели. Как только соседние клетки получают этот сигнал, они начинают разрушать белки. Цепочки ДНК, которые клетки обычно защищают изо всех сил, разрезаются белками-ножницами.

Разрушению подлежит все вокруг. В результате от перепонок ничего не остается, кроме мятых мешочков с останками внутри. Приходят макрофаги, специализирующиеся на уничтожении мертвых клеток, и забирают этот мусор, чтобы расчистить пространство между пальцами. Так, от одной погибшей клетки к другой ласты постепенно превращаются в кисти рук.

Ближе к концу седьмой недели начинают формироваться пальцы и на ногах. От длинного хвоста уже почти ничего не осталось, а морщинки на вашем лице потихоньку разглаживаются. У вас появляются коротенький сплюснутый нос, два маленьких уха, а также острые локти и колени, которые вызывающе торчат из ваших коротких ручек и ножек. Ваш скелет все еще состоит из хрящевого прототипа. Клетки начнут замещать хрящевую ткань нормальной костной не раньше третьего месяца, и процесс будет не быстрым. К моменту рождения кости будут по-прежнему достаточно мягкими, чтобы вам было легче протискиваться через родовые пути. Коленные чашечки все еще будут сухожилиями, пока вам не исполнится три года, а скелет продолжит развиваться, пока вам не перевалит за 20.

ИНТЕРЕСНО

Изначально пальцы соединены перепонками, но на восьмой неделе из-за массового клеточного суицида они разделяются.

Когда хрящевая ткань начинает превращаться в костную, клетки, находящиеся в центре ваших будущих костей, раздуваются и становятся просто огромными. Вскоре после этого они погибают и оставляют после себя полость, которая станет костным мозгом. Печень и селезенка, временно занимающиеся производством крови, вскоре смогут с облегчением вздохнуть: костный мозг возьмет на себя эту обязанность и будет выполнять ее всю вашу жизнь. Работа эта тоже не из простых. Случись кровотечение, стволовые клетки костного мозга превратятся в тромбоциты и закроют собой рану, образуя тромбиновый сгусток. Если вы заболеете, ваш костный мозг снарядит и отправит отряды

белых кровяных телец – лейкоцитов, которые будут поглощать токсины и бактерии.

ИНТЕРЕСНО

Приблизительно каждые десять лет ваш скелет полностью обновляется.

В случае нехватки в организме кислорода в дело вступят новые красные кровяные тельца – эритроциты, которые опять же вышлет костный мозг. Кроме того, он проводит замену вышедшим из строя клеткам крови. Каждую секунду порядка двух миллионов ваших красных кровяных телец прощаются с вами навсегда, и на их место немедленно должно поступить столько же новобранцев.

После формирования костномозговой полости находящиеся рядом клетки начинают превращаться в клетки костной ткани. Они преобразуют окружающую их желеобразную субстанцию в твердую минеральную массу. Кальций и кристаллы фосфатов прикрепляются к белковым волокнам, создавая одновременно крепкий и эластичный материал, идеальный для того, чтобы поглощать ударную нагрузку и не ломаться при этом. Наступает момент, когда питательным веществам больше негде плавать. Но природа предусмотрела на этот случай наличие тоненьких отростков, которые тянутся от клеток мозга по крошечным канальцам, соединяющим их с кровеносными сосудами. Это позволяет клеткам и дальше получать питательные вещества и кислород, несмотря на окружающие их со всех сторон безжизненные минералы. Пока вы живете, живут и ваши кости. Клетки костей каждый день меняются и заменяются, и приблизительно каждые десять лет ваш скелет полностью обновляется. Одни клетки формируют новую костную ткань – остеобласты, другие специализируются на утилизации (поедании) старых клеток – остеокласты. Переварив свой обед, они выделяют кальций в кровоток. Как правило, пожирающие и создающие кости клетки работают в одинаковом темпе, чтобы вы не теряли костную массу. Порой, однако, в этой четко отлаженной системе возникают сбои. И, например, в НАСА об этой проблеме знают все до одного.

Всего после нескольких дней на орбите космонавты начинают терять костную массу. При этом уровень кальция в крови возрастает, а вместе с ним растет и риск образования камней в почках. Скорее всего эти изменения связаны с тем, что кости адаптируются к новым условиям. Из-за невесомости космонавты не испытывают практически никакой нагрузки, поэтому их организм и замедляет производство клеток, формирующих кости, – остеоцитов. Костная ткань начинает приспосабливаться к

новой жизни (откуда же ей знать, что космонавт не планирует плавать тут до конца жизни?). Аппетит пожирающих кости клеток между тем не угасает, и в результате в костях образуются поры, делающие их все более хрупкими. Ученые замечали похожие процессы у людей, на протяжении долгого времени прикованных к кровати. К счастью, физические упражнения способны нейтрализовать такой негативный эффект: увеличение нагрузки на кости делает их более прочными.

ИНТЕРЕСНО

Кости выступают в роли хранилища кальция, и если сердцу требуется этот минерал, то они охотно приносят себя в жертву.

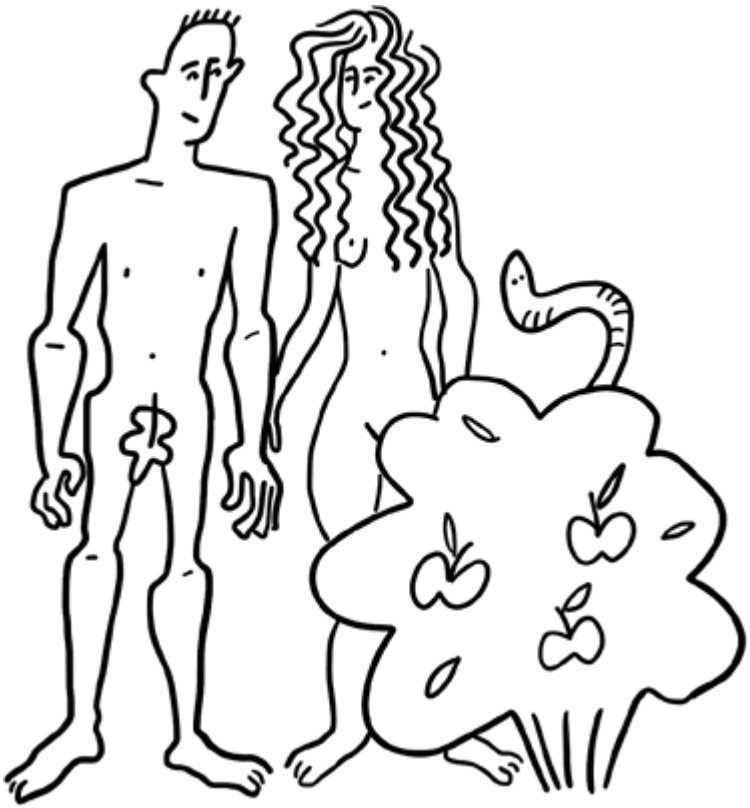
Кальций участвует в ряде процессов в организме человека, а кости выступают в роли хранилища этого минерала. Если сердце или нервы требуют кальций, то кости охотно приносят себя в жертву. Таким образом, у человека с дефицитом кальция будут наблюдаться те же симптомы, что и у космонавтов. В конце концов уж лучше слегка пористые кости, чем остановившееся сердце! Итак, пожирающие кости клетки делают свое дело и отправляют высвобожденный кальций в кровь, по которой он поступает туда, где в нем нуждаются.

ИНТЕРЕСНО

На восьмой неделе вы перестанете быть эмбрионом и получите звание плода.

Какое-то время, будучи эмбрионом, вы прекрасно обходитесь хрящевым скелетом. Вы плаваете в матке за прозрачными плодными оболочками, словно космонавт на орбите. На восьмой неделе ваши ручки и ножки начинают совершать небольшие рефлекторные движения. Появляются пальцы на ногах и ногти, а в вашем тоненьком тельце заметно выделяются ребра. Сквозь тонкую прозрачную кожу отчетливо видны скелет и кровеносные сосуды. По завершении этой недели вы перестанете быть эмбрионом и получите гордое звание **плода**. У вас теперь сформировались зачатки всех ваших органов, однако до появления на свет вам предстоит еще немало работы.

Глава 11
Пол и морские черви



ТРЕТИЙ МЕСЯЦ

9-я неделя

5 см
(размером примерно
с ягоду клубники)

К началу третьего месяца вы уже размером с ягоду клубники. У вас широкий и приплюснутый нос, глаза далеко отстоят друг от друга. С высоким лбом и большой головой вы немного похожи на пришельца, однако за следующие несколько недель вы приобретете вполне человеческие черты. Ваши темные круги глаз прикроются тонкими веками, изогнутая голова еще немного распрямится, подбородок вырастет, и шея станет более выраженной.

В этом месяце наконец-то можно будет понять, кем вы станете – мальчиком или девочкой. Первые несколько недель разницы между полами нет никакой, и скорее всего именно

поэтому у мальчиков тоже есть соски – не то чтобы они им нужны, просто они формируются до появления гендерных различий. Даже внутренние половые органы представляют собой одну и ту же обобщенную структуру. Независимо от пола эмбриона у него формируются два мешочка, присоединенные оба к небольшим канальцам. Но на седьмой неделе начинается трансформация, и вашим генам предстоит решить, что будет дальше: если в последней паре хромосом у вас есть Y-хромосома, то эти мешочки станут яичками; если же там две X-хромосомы, то они превратятся в яичники.

ИНТЕРЕСНО

Первые несколько недель разницы между полами нет никакой, и скорее всего именно поэтому у мальчиков тоже есть соски.

Y-хромосома сама по себе выглядит довольно жалкой. В ней содержится очень мало генов – где-то 50–60. Для сравнения: в X-хромосоме, которая встречается и у женщин, и у мужчин, присутствует от 800 до 900 генов.

На ранней стадии развития у эмбриона, которому суждено стать девочкой, одна из двух X-хромосом выключится навсегда. Это необходимо, чтобы клетки не стали вырабатывать в двойном объеме все, что содержится в X-хромосоме. Чем больше копий рецепта имеется в наличии, тем больше поваров возьмутся за дело и тем больше у них получится конечного продукта. Когда одна из X-хромосом отключается, эмбрион уже состоит из большого числа клеток.

Выбор из двух X-хромосом происходит совершенно случайным образом, то есть часть клеток будет использовать X-хромосому, доставшуюся от матери, а другая часть – X-хромосому отца. Из-за этого все женщины похожи на сборную генетическую солянку. Последствия такого замеса особенно хорошо видны у кошек: так как ген, влияющий на цвет шерсти, расположен у них именно в X-хромосоме, самки, в отличие от самцов, могут быть всевозможных пестрых окрасок. Одни клетки проходят пигментацию в соответствии с рецептом, доставшимся от отца, а другим достается материнский рецепт, цвет в котором может заметно отличаться.

Решающий ген в Y-хромосоме называется SRY. Без него клетки по умолчанию начинают формировать яичники. Вырабатываемый геном SRY белок сам по себе мало что делает, однако он играет роль выключателя, который активирует другие гены, распределенные по разным хромосомам. Совместными усилиями эти гены запускают процесс формирования яичек,

которые через какое-то время начинают вырабатывать гормоны, разносящиеся по всему маленькому телу.

Первый посылаемый ими гормон запускает реконструкцию одного из присоединенных к яичникам канальцев. У женщин этот канал остается нетронутым, и впоследствии из него формируются яичник и матка. Второй канал, отходящий от другого яичка, остается на месте – вскоре из него получится семенной канал. Затем клетки яичек начинают вырабатывать большое количество тестостерона, который словно призывает: «Стань мужчиной!» Это послание разносится по всему телу, и вскоре после этого половые различия становятся отчетливо заметны.

Ученые проводили эксперименты на эмбрионах кроликов, у которых на ранних стадиях развития удаляли половые железы. В результате все эмбрионы превращались в крольчих, даже те, которые несли в себе Y-хромосому. Таким образом, именно яички обязаны сообщить всему организму, что эмбрион должен стать мальчиком. Если другие клетки не услышат этого сигнала, то они сформируют тело женской особи.

Неудивительно, что в такой сложной системе случаются недопонимания. Что произойдет, если клетки так и не услышат тестостероновые крики яичек? На поверхности клеток расположены рецепторы тестостерона, которые улавливают эти послания и передают их внутрь клетки. Если же эти рецепторы окажутся неисправными, то клетки попросту не смогут услышать сигнал (гормон будет производиться впустую) и продолжат создавать тело с женскими половыми признаками.

Внешне люди с этим генетическим отклонением – гермафродиты[2] – могут быть неотличимы от обычных женщин, так как судьба наружных половых органов определяется сигналом тестостерона. Внутри, однако, у них будут железы, ведущие себя как яички, в то время как яичники и матка будут отсутствовать – каналец, из которого они формируются, был давно разрушен по приказу яичек. В общем, гендерное развитие – чрезвычайно сложный процесс, не ограничивающийся лишь Y-хромосомой.

Не все животные позволяют хромосомам определять их пол. Так, аллигаторы предоставляют право выбрать себе судьбу окружающей среде. Если в первые три недели яйцо аллигатора будет развиваться при температуре менее 30°C, то из него вылупится женская особь. Если же температура превысит 34°C, то в яйце начнет развиваться самец.

ИНТЕРЕСНО

Именно яички сообщают всему организму, что эмбрион должен стать мальчиком, если клетки не

услышат этот сигнал, то он станет девочкой.

Еще более странный способ определения пола своего потомства использует специфический морской червь под названием *Bonellia viridis*. Он начинает свое существование в виде крошечной бесполой личинки, которая какое-то время плавает в океане, после чего уходит на дно. От того, куда именно она приземлится, и зависит всецело ее судьба. Если личинка ляжет на свободный участок морского дна, то она станет самкой длиной примерно в сантиметр.

Сложно описать, как именно выглядит женская особь Bonellia viridis: попробуйте представить себе пришельца с телом, напоминающим корнишон, и хвостом, похожим на водоросли. Всю свою оставшуюся жизнь это создание проводит, прикрепившись к морскому дну, питаясь остатками мелких животных и растений. Если же личинка приземлится не на свободный участок морского дна, а попадет на кожу женской особи своего же вида, то она тут же превратится в крошечного самца длиной всего один-три миллиметра. Перевоплотившись, самец заползает внутрь тела самки, где и проводит остаток своих дней в роли персонального донора спермы. В знак благодарности самка делится с дармоедом своей пищей. Из всех любовных отношений, которые только можно встретить в природе, эти, пожалуй, в прямом смысле самые интимные.

ИНТЕРЕСНО

Не у всех животных пол определяют хромосомы. Так, у аллигаторов он зависит от температуры окружающей среды.

А есть и такие животные, которые в случае изменения условий окружающей среды вообще способны менять свой пол на протяжении всей жизни. Возьмем, к примеру, *Thalassoma bifasciatum (талассому синеголовую)* – рыбу, живущую в коралловых рифах Карибского моря. Если самец этой рыбки попадет в коралловый риф, охраняемый другим самцом, он не станет пытаться занять его место. Он просто превратится в самку и будет спокойно себе жить вместе с остальными девочками в этом небольшом коралловом гареме.

Если же «муж» по какой-то причине внезапно умрет, то ему тут же найдется замена. Одна из самок, как правило самая крупная, тут же превратится в самца. Всего за один день ее яичники сморщиваются и заменяются мужскими половыми железами – так что будущему их кораллового поселения ничего не угрожает.

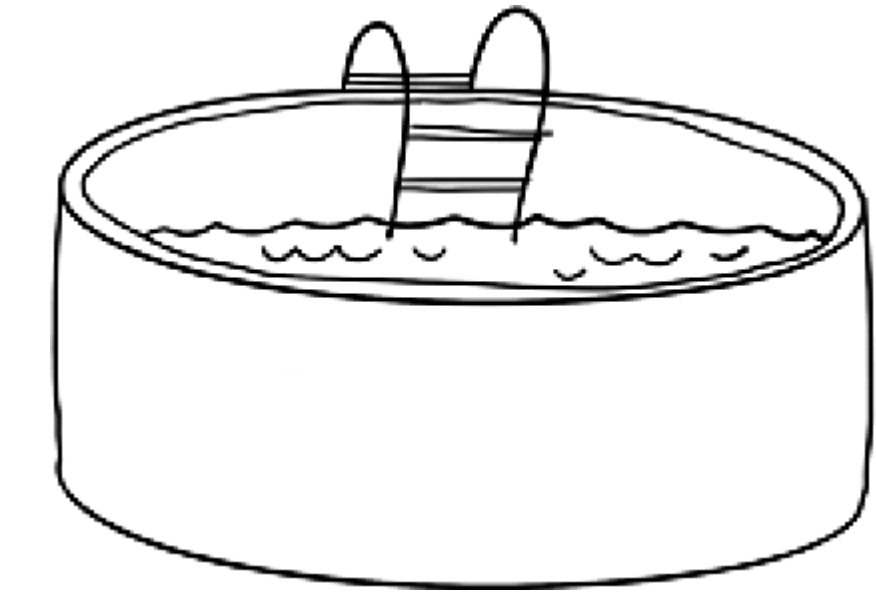
Если у плода есть Y-хромосома и химический сигнал достигает нужной цели, то начинает формироваться пенис. Он развивается из небольшого бугорка, который у девочек становится клитором. Где-то через три месяца после зачатия этот бугорок вырастает настолько, что пол плода можно определить невооруженным глазом. Яички мальчика, однако, пока еще остаются внутри, где они и будут находиться вплоть до седьмого месяца. Сначала они будут постепенно опускаться в живот, а потом достигнут мошонки.

ИНТЕРЕСНО

У мужчин яички находятся в мошонке, так как температура тела дня них слишком высокая. А вот у рыб яички остаются рядом с сердцем на протяжении всей жизни.

За столь трудоемкий процесс нам, пожалуй, стоит винить своих предков, размножавшихся в древнем океане. У рыб яички остаются рядом с сердцем в течение всей жизни. Для них это, может быть, вполне нормально, но для людей все же совершенно неуместно. Сперматозоиды не любят тепла. Но рыбы – хладнокровные создания: температура их тела меняется в зависимости от температуры воды. Поэтому яички рыб прекрасно себя чувствуют, находясь где-то глубоко внутри тела. Люди же теплокровные, и их температура тела слишком высокая для сперматозоидов. Поэтому у человека яички находятся в мошонке, представляющей собой вырост брюшной полости, расположенный в промежности между половым членом и анусом. Этот маленький мешочек может сжиматься или расширяться в зависимости от того, тепло снаружи или холодно, тем самым у сперматозоидов всегда оптимальные условия и температура.

Глава 12
Тайные приготовления



Вашим клеткам, конечно, приходится вовсю трудиться, пока вы находитесь в утробе, однако это, прямо скажем, цветочки по сравнению с тем, что их ждет после вашего рождения. В животе у мамы вам не нужно задумываться ни о жаре, ни о холоде: там внутри температура стабильно комфортная – 37°C. А благодаря наполненной теплой кровью плаценте вашим клеткам не приходится переживать, хватит ли им воздуха или пищи – им уютно и приятно во всех отношениях. Но в будущем им предстоит столкнуться с целой чередой новых трудностей: палящим солнцем, бегом, забытыми бутылочками с водой, солеными чипсами и прочими прелестями. Так что можете радоваться, что обзавелись парой почек, когда была такая возможность.

Почки и мочевыводящие пути формируются одновременно с половыми органами из тех же самых клеточных везикул. Как и у многих других структур нашего организма, процесс их образования изрядно запутанный – это еще один наглядный пример того, как нас преследует наше океанское прошлое. Клетки что-то строят, что-то убирают и меняют, а в процессе еще и передумывают. На создание почек, которые прямо сейчас, пока вы читаете эти строки, работают внутри вас, у клеток уходит целых три попытки.

«Где же тогда остальные почки, произведенные в первых двух сериях? Что с ними стало и куда они делись?» – спросите вы. Так вот, первые представляли собой набор маленьких трубок, которые клетки образовали в течение третьей недели вашего внутриутробного развития в области шеи. Увы, эти примитивные почки были совершенно бесполезными и быстро исчезли. Но одновременно появилась пара новых почек. На этот раз они располагались немного ниже. Эти почки в форме сосисок были очень похожи на те, которые встречаются у рыб и земноводных, и какое-то время вы действительно ими пользовались по назначению. Но потом у девочек эта версия почек тоже исчезает, а вот у мальчиков некоторые клетки от них остаются, чтобы позже стать частью половых органов.

Наконец, на пятой неделе ваши клетки начинают создавать окончательный вариант ваших будущих почек. Только вот не все так просто: появляются они не в том месте, где будут при рождении, поэтому им, прежде чем занять положенное место, приходится отправиться в небольшое путешествие. Сначала почки перемещаются вниз в сторону таза и прикрепляются к мочевому пузырю, затем округляются и снова поднимаются вверх. После всех этих мытарств они наконец занимают свое законное место по бокам от позвоночника приблизительно на уровне нижних ребер.

ИНТЕРЕСНО

В процессе формирования органов клетки постоянно что-то меняют. Например, на создание почек уходит целых три попытки.

Готовые почки красновато-коричневого цвета, по форме напоминают фасоль, а размером с сжатый кулак каждая. Их обычный рабочий день выглядит примерно так: получили кровь, очистили ее, отдали, и так еще 399 раз – фух! Каждая почка состоит из множества тонких каналов, соединенных с кольцевыми витками кровеносных сосудов. Почки выделяют из крови жидкую составляющую и пропускают ее по этим каналам, отфильтровывая все ненужное и возвращая жидкость обратно в кровь. Подобно тому, как в процессе приготовления ужина у вас скапливаются картофельные очистки и пустые упаковки, в результате работы клеток в вашем организме тоже собирается различный мусор, от которого необходимо избавляться. Так, например, вам нужно выводить из организма аммиак, образующийся в процессе расщепления белков. Если этого не делать, то он будет накапливаться и тем самым отравлять вашу систему. Для рыб это тоже актуально, но они умеют очень просто избавляться от аммиака: они просто выпускают его в воду. Что же касается

сухопутных животных и людей, то постоянно писать на ходу – не самое удачное решение. Доступ к воде может быть ограничен, так что нужно максимально экономить жидкость. На помощь приходит печень, преобразующая аммиак в мочевину, – вещество, которое организм в состоянии переносить даже в больших концентрациях. После этого почкам остается только отобрать мочевину и отправить ее по мочеточнику в мочевой пузырь, откуда она, когда придет время, выведется естественным образом.

Что бы мы ни делали, наши почки помогают нам сохранять поразительную внутреннюю стабильность. Они тщательно отслеживают количество воды и соли в организме, ведь если нарушить водно-солевой баланс, то последствия могут быть весьма печальными. Наше сердце не может биться без соли: она необходима, чтобы мышцы могли сокращаться. Без нее мы не смогли бы думать или что-либо чувствовать, так как нервные клетки используют ее для передачи сигналов. Короче говоря, не жить нам без соли. Она содержится в нашей крови, в окружающей клетки жидкости, а также в самих клетках. В спрее от насморка, который вы покупаете в аптеке, концентрация соли составляет 0,9 % – точь-в-точь столько же, сколько ее в околоклеточной жидкости.

Если поместить клетку в раствор, в котором концентрация соли слишком мала, то она может лопнуть, как перекачанная покрышка. Природа очень уж любит все уравновешивать и просто не может смириться с тем, что клетка будет солонее окружающей ее воды. Вот клетка и начинает впитывать воду, пытаясь разбавить соль. Если же, наоборот, поместить ее в более соленый раствор, то произойдет обратное: клетка начнет терять воду. Ей, бедняжке, придется выводить свою воду наружу, хочется ей того или нет, до тех пор, пока она не скукожится и не превратится в обмякшую, сморщенную изюминку. Бактерии тоже плохо переносят избыток соли, и это одна из причин, по которым соленая еда хранится дольше. Таким образом, вам стоит поблагодарить свои почки за то, что вы не состоите из нескольких тысяч миллиардов иссохших клеток.

ИНТЕРЕСНО

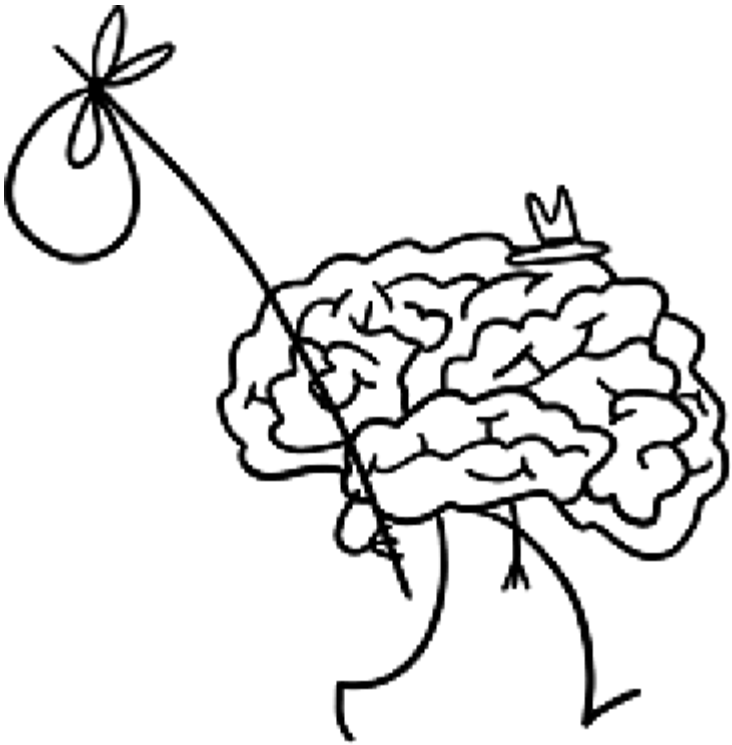
На десятой неделе вы научитесь прихлебывать околоплодные воды, а потом писать ими – это не только отличная тренировка для почек, но и подготовка к питанию грудным молоком.

Ну, как бы то ни было, пока вы соединены с плацентой, можете расслабиться. Можно запросто выводить все отходы прямо в мамину кровь: ее почки сделают всю работу и позаботятся о вас.

А ваши собственные почки тем временем могут спокойно себе тренироваться, готовясь к своей будущей работе. На девятой неделе они уже сами начнут вырабатывать мочу. Неделю спустя вы научитесь прихлебывать околоплодные воды, а потом писать ими, чем, собственно, и будете заниматься до самого рождения. То, что вы провели несколько месяцев в собственной моче, да еще и пили из этого загрязненного бассейна, может показаться не очень-то приятным. Спрашивается, зачем это вообще нужно?

Оказывается, и в этом есть свой смысл. То, чем вы занимаетесь, весьма необходимо, изобретательно и далеко не так уж противно, как может показаться сначала. Ваша мама следит за тем, чтобы воды, в которых вы живете, все время оставались чистыми. Стенки, отделяющие вас от плаценты, представляют собой своего рода решето, через многочисленные крошечные дырочки которого просачиваются молекулы. Продукты жизнедеятельности отфильтровываются из околоплодных вод и попадают в материнскую кровь, так что каждые три часа вода в вашем бассейне обновляется. Это не только отличная тренировка для почек, но и подготовка к самому важному делу, которым вы будете заниматься после рождения, – к питанию грудным молоком. За следующие несколько недель у вас разовьются мышцы, отвечающие за сосательные движения, а ваши щечки станут более пухлыми. Одновременно с этим ваш кишечник активно усваивает питательные вещества из околоплодных вод, так что вы вовсю готовитесь к жизни снаружи.

Глава 13
Внутренние скитания мозга



ЧЕТВЕРТЫЙ МЕСЯЦ

13-я неделя

В начале четвертого месяца вы размером примерно с авокадо. Теперь вы держите голову прямо, горло и шея уже отчетливо выделяются, а под тонкой кожей видна разветвленная сеть красных кровеносных сосудов.

Вскоре вам предстоит стать активным маленьким созданием, которое перекатывается, дергается и дрыгает ножками. Иногда вы слегка вытягиваете руки или даже посасываете большой палец. Интересно, что то, какой именно палец и на какой руке вы выбираете, вовсе не случайность: большинство из нас предпочитает большой палец правой руки, однако будущие левши уже до рождения, как правило, отдают предпочтение большому

пальцу именно левой руки.

Ваши кости по-прежнему похожи на желе, однако в этом месяце все больше и больше частей хрящевого скелета будут заменяться костями. Тем временем вы будете очень быстро расти, ваши руки и ноги станут более пропорциональными. Голова же по-прежнему будет выглядеть большой по сравнению с остальным телом, а внутри нее вовсю будет кипеть работа над самым сложным органом нашего организма – головным мозгом.

С тех пор как ваш мозг был лишь набором из трех небольших везикул, произошло много всего. Эти везикулы выросли, закрутились и разделились, образовав различные структуры мозга. Из одной крайней везикулы формируется мозжечок, играющий важную роль в управлении нашими движениями. Эта же везикула совместно с центральной везикулой образует мозговой ствол, регулирующий дыхание, сердцебиение, сон и остальные базовые функции организма. Передняя везикула при этом разделяется на две половинки, которые быстро растут, постепенно окружают все участки мозга и прячут их из виду. Поверхность этой везикулы образует кору головного мозга, отвечающую за его самые продвинутые функции. У людей кора головного мозга очень большая, и именно поэтому мы можем производить расчеты, философствовать, читать и писать книги. Она вырастает настолько большой, что ей приходится сворачиваться, чтобы уместиться в черепной коробке, но это происходит уже ближе к концу процесса развития плода. А на четвертом месяце кора головного мозга у нас все еще такая же гладкая и ровная, как, например, у мышей.

ИНТЕРЕСНО

Будущие левши уже до рождения, как правило, отдают предпочтение большому пальцу именно левой руки.

В это же время ежеминутно появляются порядка 200 000 новеньких нервных клеток. В глубинах мозга расположены стволовые клетки, которые постоянно делятся и множатся. После каждого деления одна из клеток остается на месте, а остальные отправляются в долгий путь к своему новому дому. Путешествие это помогает им найти себя. *«Нервной клеткой какого типа мне стать? Заняться ли мне зрением? Моторикой? А может, обонянием?»* Нервные клетки улавливают сигналы от других клеток, которые встречаются им на пути, и благодаря этому одни их гены включаются, а другие выключаются.

ИНТЕРЕСНО

Кора головного мозга вырастает настолько большой, что ей приходится сворачиваться, чтобы уместиться в черепной коробке.

Чем позже сформировалась нервная клетка, тем более долгий путь ей предстоит. Все дело в том, что мозг строит себя изнутри, слой за слоем, и его глубокие, самые примитивные участки создаются первыми. В результате по мере роста мозга нервным клеткам становится все сложнее преодолевать этот путь в одиночку. Тогда им на помощь приходят клетки другого типа – глиальные.

В отличие от нервных глиальные клетки не передают никаких электрических сигналов. Долгое время ученые полагали, что они представляют собой всего лишь соединительную ткань, удерживающую на месте все структуры мозга. Их и назвали-то так именно поэтому: греческое «глиа» означает «клей». Позже, однако, выяснилось, что глиальные клетки – это далеко не просто клей и выполняют они совершенно незаменимую для нервной системы функцию. Некоторые из них служат своего рода иммунной системой и проползают, протискиваясь между нейронами, в поврежденные или подверженные атаке вируса участки. При необходимости они могут пожирать уже уничтоженные клетки. Другие глиальные клетки имеют форму звезды и протягивают свои длинные отростки вдоль кровеносных сосудов. Эти клетки следят за чистотой в мозге: они откачивают избыток жидкости по узким водяным канальцам и смывают любые продукты жизнедеятельности, накапливающиеся в процессе работы нервных клеток. Эта чистка на полную мощность запускается в то время, когда мы засыпаем. Таким образом, благодаря глиальным клеткам каждый свой новый день мы начинаем буквально со свежевымытыми мозгами.

Этапы развития мозга

Поначалу в мозге формируется еще один, особый тип глиальных клеток, который помогает новорожденным нервным клеткам преодолевать свой долгий путь к окраинам расширяющегося головного мозга. Такие глиальные клетки пропускают свои длинные отростки сквозь слои головного мозга и берут на себя роль своего рода строительного подъемника. Нервные клетки из поколения в поколение прицепляются к этим отросткам и устремляются по ним к своей цели, словно ползущие по травинке улитки. В конечном счете каждая нервная клетка находит себе пристанище, однако на этом трудности не заканчиваются.

ИНТЕРЕСНО

Без участия нейронов вы не сможете пошевелить даже пальцем ноги.

Прибыв на место, нейрон должен сделать то, что и все новички: обзавестись связями. Потому что без чего точно не

могут прожить нейроны, так это без болтовни. В нашем мозгу полным-полно их, и все они возбужденно болтают, причем некоторые умудряются беседовать с тысячами своих собратьев одновременно. Другие нейроны, расположенные на коже или глубоко внутри головного мозга, передают сообщения обо всех наших ощущениях. Более того, нервных клеток много в спинном мозге, они тесно сотрудничают с нейронами головного мозга и частенько переговариваются с мышцами. А теперь пошевелите пальцами ног, например, и скажите спасибо своему спинному мозгу за то, что расположенные на ногах мышцы поняли, что вам от них было нужно.

Переговариваются нейроны совершенно особым способом – посредством электрических сигналов. Если гормональные послания неторопливо разносятся кровью и любой желающий может их подобрать, то нервные сигналы молниеносны и направлены конкретному адресату. От нейронов во все стороны отходят длинные тонкие волокна, играющие роль своего рода проводов. Главный коммуникационный кабель нейрона называется **аксоном**. Он отвечает за передачу информации. Для исправной работы нервной системы чрезвычайно важно, чтобы аксоны подсоединялись в нужное место. Так, нервные клетки, специализирующиеся на зрении, должны подключаться к глазу, контролирующие движение – к мышцам. Получается, эти нервные окончания у взрослого человека должны достигать чуть ли не метр в длину. Но как же все-таки этим аксонам удается дотягиваться туда, куда надо?

К счастью, аксоны – это не просто провода. В отличие от компьютерных кабелей они живые, а также очень любопытные. Аксон ползет по телу, ориентируясь на молекулы на поверхности окружающих его клеток. Тоненькое нервное волокно вытягивается вперед, проверяя: *«Есть ли мне к чему здесь прицепиться?»* Затем оно продвигается еще дальше и находит новые молекулы, к которым можно подключиться. Кончик аксона довольно забавной формы: он состоит из нескольких тонких отростков, которыми нащупывает себе дорогу к цели. Одни аксоны тянутся от глаз к мозгу. Другие растут вдоль ваших пока еще крошечных ножек и вовсю уже посылают сигналы, благодаря которым вы впервые начинаете пихать маму в живот.

Когда основной кабель наконец подключается к приемнику сигнала, то в обратном направлении по нему отправляется белковое послание. Оно доходит до самого сердца нейрона, прямо туда, где хранятся молекулы ДНК. Это послание включает гены, которые будут заботиться о его дальнейшей судьбе. Если оно не будет получено вовремя, то нейрон решит, что так и не

подсоединился к цели, и совершит суицид, превратившись в обмякший мешочек – точно так, как это было с клетками между вашими пальцами. Помните? На самом деле столь печальная участь ожидает многие нервные клетки, потому что у вас их формируется слишком много. Так что нейроны соревнуются между собой, и выживают только те, кому удастся установить наилучшее соединение.

Нейроны, которым посчастливилось преуспеть, образуют тесную связь с глиальными клетками. Эти глиальные клетки особого типа обворачиваются вокруг аксона и покрывают его жировой оболочкой под названием «миелин». Подобно пластиковой оболочке кабелей этот жировой слой обеспечивает изоляцию и повышает эффективность передачи электрических сигналов.

Первым делом глиальные клетки обволакивают аксоны в спинном мозге и центральных, самых примитивных структурах мозга. Потом они постепенно пробираются наружу. На этот процесс уходят годы, и завершается он лишь ближе к 30 годам, когда происходит изоляция внешних слоев мозга. Самой последней в очереди стоит кора головного мозга: она играет важную роль в формировании личности и влияет на способность планировать и анализировать последствия наших действий. Этим объясняется тот факт, что подросток, в отличие от взрослого, как правило, не очень хорошо соображает, что выпить зараз, скажем, пять рюмок текилы – не самая хорошая идея.

ИНТЕРЕСНО

Мозг никогда не будет сформирован полностью. Это проект длиною в жизнь.

Мозг наш хоть и подвергается грандиозным изменениям на третьем десятке лет, *полностью* никогда не будет сформирован. Это проект, который не заканчивается всю жизнь. Все, чему вы учитесь, что вы запоминаете, влечет за собой физические изменения в соединениях между нейронами. К тому времени, как вы закончите читать эту книгу, ваш мозг уже будет чуточку другим. В общем, в голове у нас не готовая машина, а живое, постоянно развивающееся сообщество.

Глава 14
Чувства

ПЯТЫЙ МЕСЯЦ

17-я неделя

К началу пятого месяца вы размером примерно с банан. У ваших родителей впервые появляется возможность увидеть вас на УЗИ, а мама чувствует, как вы толкаетесь внутри. Ваши мышцы все больше крепнут, а скелет – костенеет. Уши постепенно переместились вверх по шее и теперь наконец заняли свое место. Совсем скоро вы начнете слышать первые звуки, однако другие органы чувств у вас уже вовсю работают. Первым в дело вступило осязание. Оно появляется на втором месяце, когда вы начинаете реагировать на прикосновения в области рта, а через какое-то время вы начинаете осязать всем телом. Вскоре вы будете активно

изучать руками свое лицо и по несколько раз в день прикладывать пальцы к губам.

Вкус и запах

Ваше чувство вкуса начинает развиваться скорее всего на четвертом месяце. К этому времени у вас во рту уже сформировались маленькие вкусовые сосочки, каждый из которых представляет собой скопление от 50 до 100 длинных вкусовых клеток. На крошечных волосках этих клеток расположены поверхностные рецепторы, которые захватывают молекулы поедаемой вами пищи. Как только молекула прикрепляется к рецептору, клетка посылает в мозг сигнал о том, что именно ей попалось. Каждая вкусовая клетка специализируется на распознавании определенных типов молекул, связанных с конкретными вкусами. Одни замечают, когда мы едим что-то кислое, другие реагируют на сладкое, горькое или острое. Последние исследования указывают на то, что есть еще и такие, которые вычисляют вкус жира.

Изначально все вкусовые сосочки распределены по всей полости рта, но потом они оседают в разных частях языка. В любом вкусовом сосочке есть клетки, способные регистрировать все вкусы. Вкусовые сосочки располагаются не только на языке, но и на нёбе. А у мух, например, вкусовые клетки распределены по всему телу. Если муха приземлится на кусочек яблока, то тут же ощутит своими лапками его сладкий вкус. Сомы тоже покрыты огромным количеством вкусовых клеток – их можно сравнить с огромным плавающим языком. Благодаря столь повышенной чувствительности они способны ощущать вкус крошечных червячков, прячущихся в песке.

Итак, вкусовые сосочки собираются в небольших ямках на поверхности языка и начинают улавливать молекулы, содержащиеся в околоплодных водах, которые вы то и дело пьете. Вам, может, и удастся почувствовать небольшую сладость, однако ваше чувство вкуса почти не развито. Так, например, вы не можете почувствовать соленый вкус околоплодных вод, поскольку способность различать его появится лишь через несколько месяцев после рождения. По мере взросления количество наших вкусовых сосочков уменьшается. Таким образом, вкус гораздо сильнее развит у детей, чем у взрослых.

Но, сколько бы ни было у нас вкусовых сосочков, мы никогда не сможем ощутить вкус во всей мере без помощи носа: попробуйте, будучи простуженным, съесть что-нибудь очень

вкусное, вряд ли это доставит удовольствие. Так, если сжевать кусочек шоколада с зажатым носом, то можно почувствовать его консистенцию, горечь и сладость, а вот вкус самого какао от вас ускользнет, потому что его распознает именно нос, который обзавелся сенсорными клетками еще на четвертом месяце вашего внутриутробного развития.

ИНТЕРЕСНО

Многочисленные исследования показали, что плод запоминает те вкусы, которые пробовал, пока находились в утробе.

Но тогда обе ноздри, увы, были закрыты пробкой из клеток. Пройдет еще около месяца, прежде чем эта пробка наконец исчезнет, а вы начнете вдыхать околоплодные воды, словно воздух. Вдох – выдох, вдох – выдох. В процессе такого дыхания молекулы из околоплодных вод будут прикрепляться к сенсорным клеткам в носу, и ваш мозг получит множество новых для него ощущений. Потому что околоплодные воды – это не просто подсоленная водичка. Вы окружены целым коктейлем различных веществ, которые попали в плодный пузырь из вашего и маминого организмов. Все, что оказывается внутри вашей мамы, может потом очутиться и в вашем водяном жилище – это также касается и вкуса пищи, которую она ест. Отважные исследователи из США ради науки даже понюхали околоплодные воды беременных женщин и смогли без труда определить, кто из них ел чеснок прямо перед взятием пробы. Прочие подобные эксперименты тоже показали, что мятный, ванильный, анисовый и морковный вкусы передаются околоплодным водам.

Многочисленные исследования показали, что мы запоминаем те вкусы, которые пробовали, пока находились в утробе. Так, например, французские ученые обнаружили, что новорожденным больше нравится запах анисовых семян, если их мама регулярно употребляла во время беременности анисовые пастилки. В ходе другого исследования американские ученые попросили группу беременных женщин во время последнего триместра пить по четыре стакана морковного сока в день. А еще одной группе испытуемых, наоборот, вообще его запретили. Затем, где-то через месяц после родов, младенцам предложили детское питание со вкусом морковки, и оказалось, что те малыши, чьи мамы активно пили во время беременности морковный сок, лакомились им с гораздо большим удовольствием.

Глава 15
Слух и равновесие

Когда у вас начинает работать слух, вы обнаруживаете, что в материнской утробе вовсе не так тихо, как вы, возможно, ожидали. Прежде всего вы услышите ровный стук сердца вашей матери, мерное журчание крови и бульканье ее кишечника. Потом начнете улавливать всевозможные звуки снаружи.

В большинстве случаев плод начинает реагировать на звуки между 20-й и 24-й неделями, то есть месяце на шестом. С помощью УЗИ ученые обнаружили, что плод подскакивает, словно от испуга, если прямо перед животом проигрывать разные звуки.

Голос матери неродившийся ребенок различает особенно хорошо, так как он разносится по всему ее телу. Среди других

звуков лучше всего в утробе слышны низкие тоны – точно так, как мы слышим тяжелые басы, доносящиеся через стенку с соседской вечеринки.

Большинство звуков заглушаются и искажаются, когда они проходят через кожу и мышцы. Кроме того, ваши уши полностью заполнены околоплодными водами, что тоже влияет на слух. Согласные звуки и прочие детали сглаживаются, однако ритмы и мелодии более-менее различаются. Причем с каждым днем ваш слух будет постепенно улучшаться.

ИНТЕРЕСНО

Примерно на шестом месяце вы начнете слышать голос мамы, например. Низкие тона вы услышите, как будто где-то за стенкой гремит вечеринка.

Чтобы слышать, нам нужна *улитка* – наполненная жидкостью спиралеобразная кость во внутренней части уха. Внутри нее расположены волосистые сенсорные клетки, которые словно приплясывают под слушаемые нами частоты.

От звука в жидкости улитки образуются небольшие волны, от которых волоски на клетках начинают раскачиваться, посылая электрические сигналы в мозг. Рядом с улиткой находятся три полукруглые арки, образующие органы равновесия. Они также наполнены жидкостью, и когда вы двигаете головой, то создаете небольшие волны и здесь, о чем сенсорные клетки незамедлительно докладывают в мозг. Совместными усилиями эти три арки регистрируют все наши движения в трехмерном пространстве. Одна из арок реагирует, когда мы кружимся на месте, а другая – при наклоне головы вперед. Если бы они не докладывали постоянно мозгу о малейших изменениях, мы бы не смогли перемещаться в пространстве, а падали бы на землю.

Сегодня ученые могут определить, слышит ли плод звуки и чувствует ли прикосновения, но невозможно понять, осознанно или нет он все это воспринимает. Нейронам мозга необходимо время на формирование нужных связей, чтобы те могли обрабатывать эти новые ощущения.

Мозг формируется под действием как наследственных, так и факторов окружающей среды, и абсолютно все – от химических веществ до личного опыта – влияет на его развитие. Между нейронами, которые общаются часто, создаются более сильные и устойчивые связи. Таким образом, все чувства необходимо тренировать: каждый раз, когда вы улавливаете какой-то звук, вы начинаете слышать чуточку лучше.

Проблемы со слухом чаще всего возникают у недоношенных детей, и, как считают ученые, все дело в том, что мозг попросту

не справляется с обилием поступающей информации. После приглушенных тонов в темноте ребенок внезапно сталкивается с ослепительным светом, а также назойливым пиканьем и жужжанием больничного оборудования. Одна исследовательская группа из Гарварда задалась целью проверить, можно ли нейтрализовать этот эффект, воспроизведя в больнице среду, в которой плод находился в материнской утробе. Свет в палате приглушили, новорожденным ставили записи сердцебиения и голоса их матерей.

Проведенные впоследствии сканирования мозга показали, что у этих детей слуховые центры мозга были развиты гораздо лучше, чем у тех, кто появлялся на свет в обычных больничных условиях.

ИНТЕРЕСНО

Все чувства необходимо тренировать: каждый раз, когда вы улавливаете какой-то звук, то начинаете слышать чуточку лучше.

Подобно тому, как мы запоминаем вкусы, которые пробовали в утробе, мы, судя по всему, рождаемся также и с воспоминаниями об услышанном там. Новорожденные меньше плачут и спокойнее дышат, когда слышат биение сердца матери. Ученые из Королевского университета Белфаста обнаружили, что девятимесячный плод узнает мелодию заставки сериала, который их мама регулярно смотрит. На УЗИ хорошо видна повышенная активность плода при ее проигрывании. А после родов выяснялось, что эти же знакомые звуки помогают успокоить расплакавшегося малыша.

Кроме того, мы, судя по всему, учимся узнавать голос мамы еще до появления на свет. Когда плод слышит мамин голос, его сердцебиение учащается. Энтони де Каспер и Уильям Фифер из Университета Северной Каролины снабдили группу новорожденных детей наушниками и специально изготовленной пустышкой. То, насколько быстро они ее сосали, зависело от того, что им проигрывали в наушниках, – материнский голос или голос другой женщины. Оказалось, что голос мамы был у них в явном предпочтении. Только одна запись была им еще больше по душе, а именно запись, на которой голос их матери был приглушен и искажен таким образом, что был похож на то, каким они слышали его в утробе.

Также ученые попросили группу беременных женщин читать вслух детские книжки в последние недели беременности. Каждая мама дважды в день читала своему нерожденному ребенку популярную американскую книгу для детей «Кот в шляпе». Затем, уже через день после родов, детям давали наушники и опять же

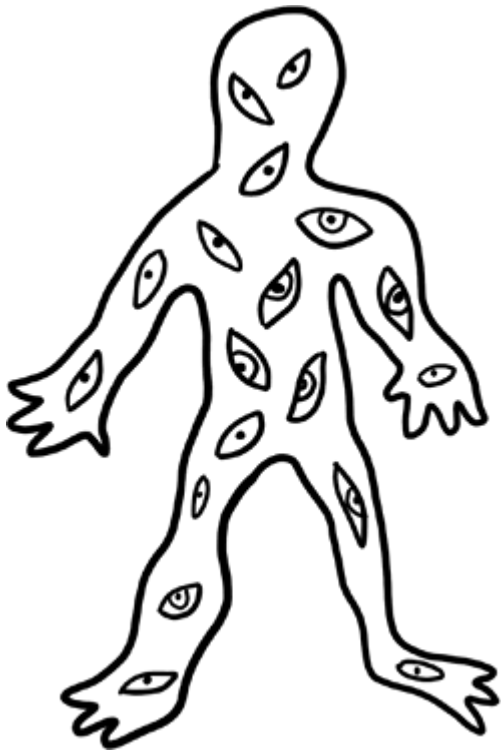
специальную соску, которая позволяла выбирать между двумя записями. На первой из них мама читала все того же «Кота в шляпе», а на второй – другую детскую книгу. И снова ответ был очевиден: дети явно предпочитали ту книгу, которую их мама зачитывала им еще до родов.

ИНТЕРЕСНО

Еще в утробе вы распознаете голос мамы, а когда слышите его – у вас учащается сердцебиение.

Однако не только люди учатся различать звуки еще до рождения. Крошечные австралийские птички со сложносоставным названием «прекрасные расписные малюры» постоянно поют, пока высиживают яйца, и вылупившиеся птенцы впоследствии используют эту мелодию, когда требуют еды. Это особенно полезно в борьбе против другой птицы – изобретательной кукушки, любящей подкидывать свои яйца в чужие гнезда. Самка расписного малюра могла бы впустую растратить пищу на подкидышей, однако пение ее собственных птенцов выступает в роли пароля, и благодаря такой системе птенцы этой птички получают необходимую им для жизни пищу.

Глава 16
Зрение



Реагировать на свет вы начинаете на шестом или седьмом месяце. Вместе с тем, хотя ваше зрение уже работает, в темноте материнской утробы вы мало что сможете разглядеть: лишь приглушенный красноватый свет проникает через одежду, кожу, мышцы и кровь. Тем не менее вы сразу же понимаете, когда ваша мама ложится на солнце. С помощью УЗИ ученые обнаружили, что плод всегда отворачивается, если направить яркую лампу прямо на живот его мамы.

Процесс формирования глаз начался еще на четвертой неделе, когда ваш мозг представлял собой не более чем тоненькие трубки, а тело напоминало личинку. По бокам мозговой трубки выросли два полых стебелька с крошечными мешочками на концах. Несколько дней спустя эти два мешочка уперлись изнутри в кожу и сплющились в два маленьких блюдца. Так зарождалась сетчатка ваших глаз, состоящая из особых клеток, которые при попадании на них света посылают нервные импульсы в мозг. Однако чтобы эти клетки могли начать

рассказывать мозгу про увиденный свет, им нужна небольшая помощь, поэтому они сразу же рассылают приказы и послания своим соседям. Одни клетки принимаются за создание хрусталиков, задача которых – фокусировать свет на сетчатке. Другие же начинают окружать будущие глаза защитным материалом.

ИНТЕРЕСНО

С помощью УЗИ ученые обнаружили, что плод всегда отворачивается, если направить яркую лампу прямо на живот его мамы.

Одно из посланий, отправляемых клетками в процессе формирования глаз, создается с помощью гена PAX6. Люди с поврежденным геном PAX6 страдают от заболевания под названием *«аниридия»*. Типичный признак этого расстройства – отсутствие радужной оболочки. В результате глаза у больных аниридией не голубые, не зеленые и не карие, по их центру расположены два огромных темных зрачка. Об этой болезни было известно еще более 150 лет назад, но вызывающий ее ген обнаружили только в 1992 году. А потом биологи выяснили, что ген PAX6 особенный – в очередной раз их удивили старые добрые плодовые мушки.

У плодовых мушек имеется пара исключительных глаз, именуемых фасеточными. Если присмотреться, то можно заметить, что все они состоят из сотен крошечных красноватых шариков, каждый из которых – отдельный малюсенький глаз со своим собственным хрусталиком и фоточувствительными клетками. Плодовая мушка смотрит одновременно во все стороны и, словно мозаику, собирает воедино зрительную информацию, считанную каждым глазом в отдельности. Для создания таких глаз используется ген под названием *«безглазый»*. Он называется так потому, что бывают случаи, когда он не срабатывает и несчастная мушка появляется на свет без глаз. Когда же ген срабатывает, мушка может сделать себе глаза где угодно. Как правило, они появляются только на голове, однако благодаря генной инженерии можно включить безглазый ген там, где он обычно выключен. Ученые активировали ген в тех участках личинки, на которых обычно формируются лапки, и вот, пожалуйста, они создали мушку, у которой на каждой лапке торчало по одному красному глазу. Включив ген на другом участке, исследователи сделали мушку, похожую на крошечного краба – с глазками на кончиках усиков. Дальше они продолжали свои эксперименты в том же духе.

Изучив последовательность символов в гене, ученые могут

запустить поиск по базе данных всех известных генов и попытаться найти что-нибудь похожее. Именно так они поступили с безглазым геном плодовой мушки, и результат, высветившийся на экране, их изрядно удивил. Компьютер выдал совпадение с человеческим геном PAX6. Прежде ученые уже находили вариацию гена PAX6 у мышей, но это не было так уж удивительно: мыши ведь такие же млекопитающие, как и мы, да и строение глаз у нас схожее. А вот совпадение с плодовой мушкой стало настоящим шоком: разве такое возможно? Как мог ген, используемый для создания глаз у млекопитающих, помогать формировать эти странные красные глаза-шарики у насекомых?

ИНТЕРЕСНО

Чтобы что-то увидеть, человек должен обработать зрительный образ в коре головного мозга. Поэтому при ее повреждении он полностью слепнет, даже если глаза остаются целыми и работают как надо.

Чтобы во всем разобраться, ученые решили немного поэкспериментировать с генами плодовых мушек. На этот раз они вместо безглазого гена вставили в их ДНК мышиную вариацию гена PAX6. Как же отреагировали клетки мушки? Они покорно прислушались к приказу мышиного гена, как своего собственного. И безглазый ген, и ген PAX6 играют роль переключателей, прямо как Нох-гены. Они включают гены, необходимые для формирования глаз. *«Вот здесь у нас будет глаз»*, – принимает решение ген PAX6, и другие гены берутся за его создание. И даже притом, что сама команда заимствована у мыши, у плодовой мушки вырастают обычные красные фасеточные глаза. А когда этот ген отдает приказ *вашим* клеткам, то они начинают формировать пару человеческих глаз.

Где-то через два месяца после зачатия ваши глаза уже занимают свое место, однако пройдет еще какое-то время, прежде чем вы сможете ими воспользоваться. Поверх них вырастет небольшой слой кожи, который будет удерживать их в закрытом состоянии почти шесть месяцев. В любом случае нервные соединения с мозгом пока еще не готовы, так что на данном этапе ваши глаза как две видеокамеры без карты памяти.

Чтобы что-то увидеть, мы должны обработать зрительный образ в коре головного мозга. Поэтому, если у человека вследствие травмы кора головного мозга будет повреждена, он полностью ослепнет, хотя сами глаза останутся при этом целыми и будут продолжать работать как надо. Но если попросить такого травмированного человека взять какой-то предмет, то он скорее всего вытянет руку в нужном направлении. Ему покажется, что он

делает это наугад, однако в действительности дело тут не просто в удаче. Глубоко в мозге находится дополнительный зрительный центр, доставшийся нам в наследство от наших земноводных пращуров. Подобно тому, как лягушка выстреливает языком в сторону насекомого, слепой человек в состоянии схватить предмет, не понимая при этом, что именно перед ним находится.

Хотя глаза в утробе довольно долгое время закрыты, нашей сетчатке скучать не приходится. В крайнем случае всегда можно развлечь себя самому. Ученые измерили уровень активности нервных клеток сетчатки у разных млекопитающих и обнаружили, что они самопроизвольно посылают сигналы в мозг задолго до окончательного развития зрения. Втайне от всех нервные клетки создают за закрытыми веками фальшивые зрительные образы. По сетчатке регулярно проходит хорошо скоординированная волна электрической активности, так что сидящие рядышком клетки одновременно посылают свои сигналы в мозг. Это помогает нервным клеткам правильно подсоединяться друг к другу.

ИНТЕРЕСНО

Первое время после рождения вы настолько близоруки, что не можете сфокусироваться ни на чем, что находится на расстоянии дальше десяти сантиметров.

Несмотря на столь раннее начало, зрение в момент рождения – наименее развитая функция из всех прочих. Поначалу мы настолько близоруки, что не можем сфокусироваться ни на чем, что находится на расстоянии больше десяти сантиметров. Постепенно зрение будет улучшаться, однако пройдет не один год, прежде чем оно разовьется полностью.

Глава 17
Волосатое прошлое

Вашим родителям во время УЗИ этого не видно, однако с вашим телом на пятом месяце произошло нечто странное: вы обросли волосами. Тоненькие белесые волоски спиральными узорами покрывают все тело. Они исчезнут еще до вашего рождения, но пока будут вас всячески выручать: например, они хорошо удерживают *первородную смазку*. Этот белый жирный крем, выделяемый кожей, выполняет роль своего рода увлажнителя, защищает нежную кожу от потертостей и трещин, а еще облегчает вам путь наружу во время родов.

ИНТЕРЕСНО

Примерно на пятом месяце все наше тело обрастает волосами, однако они исчезнут еще до рождения.

На самом деле довольно странно, что у нас нет своей полноценной шерсти. У всех видов обезьян – наших двоюродных братьев – она имеется и прекрасно защищает их и от холода, и от солнечного ультрафиолета. Нам же приходится довольствоваться коротенькими, практически незаметными волосками, хоть и по всему телу. Мы получаем солнечные ожоги и мерзнем в зимнее время. Так какая же вообще польза от этой наготы? Биологи предложили несколько вариантов ответов. Один из них такой: наши предки лишились шерсти, потому что им было необходимо адаптироваться к жизни в жаркой африканской саванне. Когда они покинули тенистые леса, им надо было научиться охлаждать свой организм под палящим солнцем.

Решение проблемы оказалось в качественном потоотделении. Просто и гениально – обзавестись огромным количеством потовых желез по всей коже, чтобы капельки пота испарялись, отводя от тела тепло. Если другие животные задыхаются, когда им становится слишком жарко, то мы, люди, способны преодолевать довольно большие расстояния, не допуская перегрева тела.

Мы прямо-таки предназначены для марафонских забегов, и уже одно только это подарило нам гигантское преимущество во время охоты в саванне. Все, что от нас требовалось, так это преследовать добычу, пока она не окажется на грани теплового удара. Потоотделение и терпение – это был рецепт нашего успеха.

Вместе с тем лишившиеся волосяного покрова люди столкнулись с новой угрозой: солнечные лучи и ультрафиолет. Для защиты от них наша кожа стала вырабатывать темный пигмент. Более светлые разновидности кожи появились только после того, как первые люди переселились из Африки в северные регионы Европы и Азии. На светлой коже быстрее образуются солнечные ожоги, однако она более эффективно использует солнечный свет для получения витамина D.

ИНТЕРЕСНО

Победители эволюционной гонки должны быть не только самыми живучими, они обязательно должны оставить после себя потомство.

Необходимость в отводе тепла – не единственное объяснение того, почему мы лишились шерсти. Ряд биологов предполагают, что мы сделали это еще и для того, чтобы избавиться от всего, что

в нашей шерсти обитало. Волосатое тело – идеальное пристанище для вшей, блох и других малоприятных гостей, которые, помимо прочего, переносят опаснейшие вирусы и бактерии. Риск инфекционного заражения для социальных животных, коими мы и являемся, обитающих в тесном контакте друг с другом, особенно высок. Когда мы научились разжигать костры, строить убежища и шить одежду, то перестали нуждаться в шерсти и даже самыми холодными ночами начали прекрасно обходиться без нее. Победители эволюционной гонки должны быть не только самыми живучими, они *обязательно* должны оставить после себя потомство. Какой толк в том, чтобы жить 100 лет, если ты не обзаведешься детьми?! Гладкая кожа, возможно, была предпочтительней при поиске партнера, так как она сигнализировала о здоровом, лишенном паразитов теле, а это существенный плюс для тех, кто ищет себе пару. А то, что у нас остались волосы в области гениталий и под мышками, можно объяснить необходимостью привлекать партнера: волосы отлично удерживают запахи, которые усиливают половое влечение.

ИНТЕРЕСНО

У человека остались волосы в области гениталий и под мышками – это из-за необходимости привлекать партнера, ведь волосы отлично удерживают запахи, которые усиливают половое влечение.

У нас есть еще как минимум одно напоминание о волосатых предках: мурашки по телу, или гусиная кожа. Когда нам холодно, окружающие волосяные луковицы мышцы автоматически сокращаются, приподнимая волоски. Такой рефлекс важен для животных: приподнятая шерсть создает вокруг тела защитный теплоизолирующий слой, когда холодно, и зверь кажется более крупным и грозным, когда необходимо напугать противника. Для нас же этот рефлекс утратил всякую пользу: от бугорков на коже нам не согреться, и угрозы они никакой не представляют.

Глава 18
Из воды на воздух

ШЕСТОЙ МЕСЯЦ

21-я неделя

К началу шестого месяца вы уже похожи на новорожденного младенца – только меньше его по размеру, да и гораздо более уязвимы. Под тонкой кожей все еще хорошо видны кровеносные сосуды, но уже начинает появляться слой подкожного жира. За следующие несколько недель ваша морщинистая кожа разгладится и станет менее прозрачной.

Если бы вы родились прямо сейчас, то выжить вам удалось бы только с помощью больничного медперсонала. На данный момент врачи умеют спасать детей, рожденных чуть ли не на 20-й неделе (22-я неделя беременности). Но все же шансы выжить на столь раннем сроке невысоки: всего от 3 до 22 % малышей выживают,

и у многих из них остаются пожизненные травмы. Для сравнения: из детей, родившихся на пять недель позже, выживают уже 90 %. В любом случае самая большая опасность преждевременных родов в том, что легкие не дозрели и еще не готовы выполнять свои функции.

Развитие легких начинается приблизительно через месяц после зачатия. Когда вы были еще крошечной личинкой, в верхней части кишечной трубки вырос небольшой бугорок. У рыб тоже появляется похожий нарост, который затем превращается в надутый воздухом мешок – плавательный пузырь, позволяющий рыбам регулировать уровень погружения, не напрягая мышц. У некоторых рыб (их так и называют – двоякодышащие) вместо плавательного пузыря все-таки развиваются примитивные легкие. Случись такое, что их родное болото высохнет, они могут зарыться в жидкую грязь и спокойно дышать в этом коконе до начала очередного сезона дождей.

В случае с нами этот маленький бугорок знаменует начальную стадию создания сложного органа, на окончательное формирование которого уйдут многие месяцы. Первым делом у этого бугорка появится отросток, из которого потом образуется трахея. Затем он разветвляется на две трубки поменьше – это наши будущие легкие. От них постепенно, словно ветки на дереве, отходят все новые и новые легочные трубки. На конце самых маленьких ответвлений образуются скопления крошечных воздушных мешочков, которые, если посмотреть на них в микроскоп, напоминают грозди винограда. Эти мешочки называются *альвеолами*. Они обеспечивают газовый обмен между легкими и кровью в процессе дыхания. Когда мы делаем вдох, воздух устремляется по легочным трубкам и надувает эти мешочки. Одновременно с этим сердце закачивает лишенную кислорода кровь в легкие, где многочисленные вены проходят вдоль легочных трубок и обвивают альвеолы со всех сторон, словно клубок шерсти. Так как у этих мешочков чрезвычайно тонкие стенки, то молекулы кислорода беспрепятственно проникают в кровь, где они прикрепляются к белку под названием «гемоглобин» и меняют его окрас с темного, практически черного, на ярко-красный. В то же время из крови в альвеолы поступает углекислый газ. Мы делаем выдох, и насыщенная кислородом кровь устремляется в левую часть сердца. Чтобы кровь не попала в бесконечный замкнутый цикл через легкие, левая и правая стороны сердца разделены сплошной мышечной перегородкой. Так что теперь ваша кровь отправляется в новое путешествие с целью разнести свежий кислород по всему телу.

ИНТЕРЕСНО

На данный момент врачи умеют спасать детей, рожденных чуть ли не на 20-й неделе (22-я неделя беременности). Но все же шансы выжить на столь раннем сроке невысоки: всего от 3 до 22 % малышей выживают, и у многих из них остаются пожизненные травмы.

Тук-тук, тук-тук. Вдох-выдох, вдох-выдох и так далее от рождения до самой смерти. Только вот в утробе кровь проходит совсем иной путь: она течет через пуповину, забирая кислород из плаценты. Наполнившись кислородом, кровь возвращается в ваше тело и попадает в правую часть маленького сердца. Отсюда она по идее должна была бы отправиться в легкие, однако в этих наполненных водой мешочках пока нет никакого кислорода, так что кровь срезает путь, через крошечное отверстие попадая прямиком в левую часть сердца.

Как только вы сделаете свой первый глоток воздуха, небольшой клапан навсегда закроет это отверстие, отправив вашу кровь по новому маршруту через легкие – с момента рождения и до конца ваших дней она будет течь именно так. Бывает, однако, и такое, что разделяющая половинки сердца щель так и не закрывается полностью. Это один из самых распространенных врожденных пороков сердца. Но, к счастью, в большинстве случаев щель все-таки самопроизвольно закрывается через какое-то время. Если же этого не произойдет, то с каждым ударом сердца небольшое количество крови будет проникать из левой его части в правую. Эта кровь будет проходить дополнительный круг через легкие, заставляя сердце выполнять лишнюю работу. Чтобы избежать чрезмерной нагрузки на сердце, большие щели закрывают хирургическим путем.

Кстати, насчет щелей в сердце. У меня для вас есть еще одна история о плодовой мушке. Представьте себе, в ее маленьком тельце тоже бьется примитивное сердце в виде трубки. В нем нет ни крови, ни вен, однако крошечная трубка пульсирует, перемещая все жидкости, окружающие органы насекомого. В 1980-х ученый Рольф Бодмер, выискивая ген, контролирующий развитие нервной системы у плодовой мушки, случайно наткнулся на ген, который, как оказалось впоследствии, играет решающую роль в формировании этой самой сердечной трубки. Если его разрушить, плодовые мушки становятся буквально бессердечными. Бодмер решил назвать этот ген *«Железным дровосеком»* в честь персонажа сказки «Волшебник страны Оз», у которого не было сердца.

Несколько лет спустя другая команда ученых изучила гены пациентов, которым провели операцию по хирургическому закрытию врожденной щели в сердце. У них у всех были обнаружены мутации в одном и том же участке пятой хромосомы. Не попадался ли похожий генетический код где-то еще? Как оказалось, у людей тоже есть вариация гена «Железного дровосека» (у нее, правда, более скучное название – *Nkx2.5*). То есть и у людей, и у плодовых мушек разные версии одного и того же гена используются для создания совершенно разных сердец.

Если же вас больше интересуют легкие, то толку от плодовых мушек тут будет мало. Подобно другим насекомым они получают кислород из воздуха совершенно не так, как это делаем мы. Если рассмотреть насекомое в увеличительное стекло, то можно увидеть небольшие отверстия вдоль всего его тельца. Эти отверстия впускают воздух, который затем распределяется по разветвленной сети крошечных трубок по всему организму насекомого. Решение простое и невероятно эффективное, но подходит только для небольших организмов, а для крупных особей вроде нас оно совершенно бесполезно: клеткам наших внутренних тканей кислорода не хватило бы. Вот почему насекомым так важно оставаться маленькими. Хотя примерно 300 миллионов лет назад по небу летали стрекозы размером с чайку, но такое было возможно исключительно потому, что концентрация кислорода в воздухе была гораздо более высокой, чем сейчас. Так что не волнуйтесь, можно вздохнуть спокойно: сегодняшний уровень кислорода не позволит этим гигантским насекомым вернуться.

ИНТЕРЕСНО

В 1980-х годах научились производить искусственный легочный сурфактант – вещество, не дающее легким слипаться на выдохе, что позволило снизить уровень смертности недоношенных детей.

С того момента, как перережут пуповину, нам, людям, никак не обойтись без пары легких, функционирующих должным

образом. Уже через два месяца после зачатия вы начинаете тренировать дыхание, пропуская околоплодные воды через пока недоразвитые легкие. Ваша грудь ритмично вздымается и опускается, словно вы и правда там дышите. Теперь же, к шестому месяцу, ваши легкие доросли до массивной разветвленной структуры, а клетки продолжают неустанно трудиться, создавая новые альвеолы, – те самые крошечные воздушные мешочки на концах микроскопических ответвлений. Каждая новая альвеола расширяет рабочую поверхность легких, тем самым увеличивая и количество усваиваемого кислорода. Новые воздушные мешочки будут формироваться у нас примерно лет до восьми. К этому времени их количество достигнет порядка 300 миллионов.

В последние месяцы внутриутробного развития наши легкие берутся еще за одну жизненно важную задачу. Они начинают вырабатывать вещество под названием *«легочный сурфактант»*, которое не дает легким слипаться на выдохе. При его недостатке возникает риск коллапса легких. Когда ученые в 1980-х годах научились производить искусственный легочный сурфактант, произошло резкое снижение уровня смертности недоношенных детей. Теперь врачи могут впрыскивать искусственный сурфактант в легкие детей, рожденных раньше срока.

Кроме того, недоношенных младенцев помещают в специальные инкубаторы – такие запечатанные кроватки для интенсивной терапии с прозрачными стенками. В них можно регулировать температуру, влажность и уровень кислорода. В случае необходимости врачи могут подсоединить малыша к аппарату искусственной вентиляции легких, чтобы он пропускал воздух через легкие. Современные технологии позволяют спасать детей, которые по всем показателям должны были бы умереть. Но вот интересно, будет ли когда-нибудь возможно выносить ребенка вне материнской утробы? В 2016 году двум исследовательским группам впервые в истории удалось вырастить в лаборатории эмбрионы человека возрастом более одной недели. На глазах ученых клеточная везикула прикрепилась к стенке пробирки, а затем продолжила развиваться еще две недели. Вполне возможно, ученым удалось бы и дальше сохранять эмбриону жизнь в искусственных условиях, однако по этическим соображениям и в соответствии с существующим законодательством эксперимент пришлось прекратить.

ИНТЕРЕСНО

В 2016 году двум исследовательским группам впервые в истории удалось вырастить в лаборатории эмбрионы человека возрастом более одной недели.

В детской больнице в Филадельфии ученые недавно протестировали на недоношенных ягнятах искусственную матку. Это устройство представляет собой наполненный искусственными околоплодными водами прозрачный пластиковый пакет вкупе с аппаратом, перекачивающим кислород и питательные вещества через «пуповину». Внутри пластикового мешка ягненок может глотать «околоплодную жидкость» и пропускать ее через легкие, тем самым формируя их. Ученые надеются, что эту технологию удастся в будущем использовать на благо людей, но подчеркивают при этом, что аппарат предназначен исключительно для того, чтобы помочь ребенку совершить трудный переход из воды на воздух. Простейший соляной раствор и «плацента» с машинным приводом никоим образом не смогут заменить сложнейшую среду живого человеческого тела.

Дополнительное время в утробе требуется, однако, не только легким. Последние месяцы играют исключительно важную роль и для развития мозга. На седьмом месяце мозг преодолевает важный рубеж. Если измерить его электрическую активность, то получатся синхронизированные, регулярные волны. А до этого срока тут наблюдались лишь случайные вспышки мозговой деятельности. Правда исследователи, изучив эти мозговые волны, обнаружили, что в матке плод большую часть времени спит. Из-за низкого уровня кислорода и успокаивающих веществ плаценты он бодрствует не более 10 % всего времени. В остальное время у него чередуются фазы спокойного и активного сна. В активную, быструю, фазу сна глаза за закрытыми веками совершают частые движения из стороны в сторону. Мозг, судя по всему, тоже просыпается ненадолго, хотя тело при этом продолжает спать: длинные, спокойные мозговые волны становятся короткими и быстрыми, характерными для бодрствующего человека.

ИНТЕРЕСНО

В матке плод большую часть времени спит. Из-за низкого уровня кислорода и успокаивающих веществ плаценты он бодрствует не более 10 % всего времени. В остальное время у него чередуются фазы спокойного и активного сна.

Быстрый сон характерен для большинства млекопитающих и птиц, однако ученые до сих пор не пришли к единому мнению относительно того, какова истинная цель этой таинственной фазы сна. У взрослых людей каждую ночь эта фаза повторяется несколько раз, и именно тогда нам, как правило, снятся сны. Крысы, судя по всему, тоже видят сны. Например, о том, как подбираются к какому-нибудь лакомству. Ученые из

Массачусетского технологического института в США измерили мозговую активность крыс, пробирающихся по лабиринту в поисках шоколада. После этого они изучали активность их мозга во время сна и обнаружили, что сигналы в обоих случаях исходят от одних и тех же участков мозга. Даже птички под названием «зебровые амадины» знакомы со сновидениями. Если верить ученым из Чикагского университета, то им снится, как они поют. Пока они щебечут какую-нибудь мелодию, каждый тон вызывает срабатывание определенных нейронов. Когда ученые следили за спящими птицами, то обнаружили активность тех же самых нейронов. Получается, птички будто продолжают петь – только не наяву, а во сне.

Снятся ли плоду в животе у мамы сны? Наверняка этого никто не знает, но достоверно известно, что в фазе быстрого сна он проводит гораздо больше времени, чем взрослые. У взрослых людей сумма фаз быстрого сна за ночь не превышает одной четвертой продолжительности всего сна, а у плода на быстрый сон уходит добрая половина всего времени, что он спит. Недавние опыты на мышах показали, что во время быстрого сна происходит очистка мозга: удаляются ненужные соединения между нейронами. Значит, эта фаза сна играет важную роль в формировании мозга. Может быть, именно для этого нам и надо смотреть по ночам сны? Ведь развитие мозга бесконечно: он продолжает меняться в течение всей жизни, пока мы дышим, учимся и запоминаем.

А до рождения – неважно, спите вы или бодрствуете, – ваш организм беспрестанно готовится к жизни за пределами материнской утробы. Начиная с седьмого месяца наш внешний вид уже не особо меняется. Ну разве что мы становимся все пухлее. На ручках и ножках образуются небольшие складки, а в последние недели вес увеличивается в среднем на 14 грамм в день.

ИНТЕРЕСНО

Плод проводит в фазе быстрого сна половину всего времени, что он спит, взрослый – не более четверти.

Плод обзаводится обычным телесным жиром и еще так называемым бурым жиром. Клетки бурой жировой ткани – эксперты по выработке тепла и будут как нельзя кстати в холодном мире снаружи. Взрослым с холодом бороться гораздо проще, чем младенцам: у них больше мышц, и они могут свободно переместиться в место потеплее. В общем, по мере взросления мы теряем большую часть бурого жира. А вот у медведей, например, каждое лето образуется большое количество

бурой жировой ткани, которая согревает их потом во время долгой зимней спячки.

В последние недели в утробе становится все теснее. Дни, когда вы могли свободно там ворочаться и кувыркаться, миновали. Ближе к концу придется лежать в той самой позе эмбриона – с прижатыми к груди коленями. Свободного места хватает только на то, чтобы толкать маму ногами под ребра и в живот. Если вы лежите в том же положении, что и большинство детей, то вскоре ваша голова упрется в начало родового канала. И вот тогда начнется самое интересное.

Глава 19
Конец. Ну или начало

ПОЛНЫЙ СРОК

36 или 50 см
с учетом ног
(размером почти
с новорожденного)

Конец

У кенгуру роды проходят так, что самка их практически не замечает: они случаются всего через месяц после зачатия и никак

не беспокоят новоиспеченную мать. Из нее выползает маленькое, похожее на червячка создание размером с зерно фасоли. У него гладкая и прозрачная кожа, а все его крошечное тельце пронизано тоненькими красными венками. Задние лапы новорожденного еще толком не сформировались, но он цепляется за густую мамину шерсть передними лапками и проталкивает себя вверх. Мама при этом чуть наклоняется вперед и вылизывает шерсть, чтобы проделать в ней дорожку для своего ребенка, по которой малыш доберется до теплого кармана. В нем он проведет следующие девять месяцев, развиваясь в полной безопасности и имея прямой доступ к маминому молоку. А потом в один прекрасный день вылезет наружу, готовый открывать для себя мир вокруг. Впрочем, в случае угрозы он быстренько поспешит вернуться в мамин карман.

Пятнистой гиене приходится тяжелее. Она вынуждена выталкивать из себя своих щенков через трубку, напоминающую пенис: самые крупные щенки проходят через нее с огромным трудом. Очень часто эта трубка рвется во время родов, практически наверняка подписывая тем самым маме-гиене смертный приговор. Волей-неволей подумаешь, что такими темпами этот вид должен был бы уже давно вымереть, однако он каким-то образом сохраняется, да еще и вполне себе процветает. По крайней мере у щенков полно времени на рост и развитие в материнской утробе, и они с рождения неплохо подготовлены к ожидающей их жестокой реальности. Вскоре после появления на свет щенки уже могут охотиться, клацая своими мощными челюстями с полностью сформировавшимися острыми зубами.

ИНТЕРЕСНО

Человеческие роды проходят намного сложнее, чем у животных, поэтому так важно присутствие помощников – акушерок и врачей.

А про новорожденных человеческих детей такого никак не скажешь. После появления на свет вы будете таким же беспомощным, как и новорожденный детеныш кенгуру. Мы, люди, рождаемся с очень плохо развитыми моторными навыками. В то время как многие животные вскоре после появления на свет уже свободно передвигаются, мы только и можем, что сосать молоко, спать да плакать. Вместе с тем наш мозг поражает размерами. Если бы наш череп не был составлен из подвижных костяных пластин, в нем очень быстро не осталось бы места для растущего мозга.

Трудностей добавляет еще и то, что наши предки начали ходить на двух ногах – это случилось примерно пять-семь

миллионов лет назад. Этот нетипичный для животного мира способ передвижения изменил форму нашего скелета. Если сравнить шимпанзе с человеком, то очевидно явное различие в строении костей, соединяющих ноги с позвоночником, то есть тазовых костей. Наш таз короче, шире и по форме больше напоминает чашу. Такая конструкция обеспечивает дополнительную поддержку позвоночнику и позволяет нам быстро и эффективно передвигаться на двух ногах. Кроме того, она помогает выдерживать вес наших внутренних органов, а также вынашивать ребенка. У шимпанзе все по-другому. В отличие от нас они удерживают вес внутренних органов брюшными мышцами, которые работают наподобие гамака. В результате вес равномерно распределяется по большой площади и нагрузка не сосредотачивается в одном месте, как это происходит у людей. Нам же приходится удерживать более половины веса собственного тела при помощи костей и мышц таза. Если расстояние между костями станет слишком большим, то возникнет риск выпадения внутренних органов.

Как и большинство самок млекопитающих, женщина рожает через тазовую кость. И если шейка матки с влагалищем могут растягиваться очень неплохо, то кости таза строго ограничивают ширину родового канала. Некоторые виды обезьян тоже сталкиваются с этой проблемой: у новорожденных настолько крупная голова, что с трудом проходит через тазовое отверстие. Так что и у обезьян нередко возникают осложнения при родах.

Но человеческий таз к тому же адаптировался еще и к прямохождению, так что у нас все стало еще сложнее. В частности, потому что тазовое отверстие спереди шире, чем сзади. Именно поэтому, чтобы нормально родиться, вам придется перевернуться так, чтобы оказаться спиной к маминому животу. Но у нас есть огромное преимущество перед животными – присутствие партнеров, акушерок и прочего медицинского персонала во время родов. Те же обезьяны чаще всего рожают в одиночку, но бывают и исключения. И весьма любопытные. В буйных зарослях тропических лесов Центральной и Южной Африки, например, обитают виды приматов, у которых принято, что отец новорожденного детеныша берет его сразу после родов в лапы и вылизывает. У другого вида более опытные самки помогают новоиспеченным матерям, лапами вытягивая детеныша наружу – ну чем не акушерки!

А еще обезьянам повезло в том плане, что их детеныши сами, как правило, помогают процессу: они проталкивают себя лапками вперед вдоль родового канала, а при первой же возможности хватаются за материнскую шерсть и ползут к ее груди.

Новорожденный человек на такое не способен: наши моторные навыки развиты гораздо хуже. Мой отец, однако, прочитав этот абзац, заметил, что я во время родов вела себя весьма активно: как только показалась моя головка, я выставила наружу локти и вытолкнула себя из мамы. Судя по всему, мне очень не терпелось выбраться и увидеть этот мир.

ИНТЕРЕСНО

Медленное развитие мозга дает человеку большое преимущество перед животными: позволяет легко адаптироваться и охотно учиться новому.

Казалось бы, в ходе эволюции все сложности, с которыми люди сталкиваются при родах, должны были бы давно исчезнуть. Выдавливать беспомощных младенцев через слишком узкое отверстие? Сложно назвать это самой мудрой стратегией выживания. Почему же тогда ничего не меняется? У большинства млекопитающих мозг при рождении составляет приблизительно половину от своего нормального размера. У людей же он успевает вырасти только на треть. После рождения он продолжает стремительный рост и развивается почти с такой же скоростью, как внутри утробы, только теперь уже за пределами матки. В первые несколько месяцев в нашем мозге образуется огромное количество новых связей, а за год его размер удваивается. Именно поэтому, наверное, мы такие беспомощные: наш мозг в момент появления на свет слишком недоразвит. Вместе с тем это медленное развитие может быть также и большим преимуществом: оно позволяет нам легко адаптироваться и охотно учиться новому. Оказавшись за пределами материнской матки, мы можем подстраивать свой мозг под окружающую среду и свой жизненный опыт.

И все же какими бы беспомощными вы ни были, в какой-то момент вам придется выбраться наружу. Потому что если ваша голова вырастет еще хоть немного, то вам просто не удастся протиснуться через узкий родовой канал. Кроме того, ваш мозг и растущее тело нуждаются во все большем количестве энергии, и ближе к концу срока вашей маме уже с трудом удается обеспечивать вас ею. Мозг – весьма дорогой, энергозатратный орган. Он настолько жадный, что потребляет примерно пятую часть всей получаемой энергии. Если съесть пять ложек овсянки, одна из них целиком достается мозгу. С кислородом в животе у мамы тоже начинаются проблемы: вам достается только пятая часть того, что вы могли бы получить снаружи. А для дальнейшего роста мозга легким необходимо большое количество свежего воздуха. В общем, вам пора выбираться и начинать

самостоятельно дышать. Прямо сейчас.

Начало

Кто же решает, в какой именно день вам родиться? Это вам так захотелось или это ваша мама вас вышвырнула? На самом деле решение это скорее всего было вашим совместным. Ученые честно пытались обнаружить сигналы, провоцирующие начало родов, но им до сих пор так и не удалось до конца выяснить, как же все происходит. Разговор между клетками вашей матери, плацентой и вашими собственными клетками так и остается тайной, но начинается он точно за несколько недель до родов. В 2015 году американские ученые выяснили, что у детеныша мыши в легких формируется особый сигнал, помогающий начать роды. Вполне вероятно, что нечто похожее происходит и у людей. Возможно, ваши легкие нашептывают мозгу одно из самых первых своих посланий: *«Привет, мозг, мы готовы начать дышать. Скоро мы предоставим тебе весь необходимый кислород»*.

ИНТЕРЕСНО

Ученым так и не удалось до конца выяснить, что провоцирует начало родов, но запускается этот механизм точно за несколько недель до этого.

Вместе с тем одних только зрелых и готовых сделать свой первый вдох легких недостаточно. В 1950-х годах овцеводы из Айдахо (США) столкнулись с весьма неприятной проблемой: приблизительно четверть ягнят рождались с ужасными отклонениями. Их мозг был деформирован, а в середине изуродованного черепа был только один глаз. Помимо прочего, эти уродливые ягнята рождались с невероятно большой задержкой. Обычно беременность у овцы длится 150 дней, а этим детенышам требовалось более 200 дней. Кроме того, некоторые овцы никак не могли начать рожать самостоятельно, и им приходилось делать кесарево сечение.

Что же стряслось с этими овцами? Понаблюдав за ними какое-то время, ученые нашли виновника всех бед: им оказалась ядовитая лилия, которую овцы щипали на пастбище. Несколько десятилетий спустя, уже в 1990-х, выяснили, что содержащийся в этом растении яд не дает клеткам услышать важное белковое послание. Это приводит к целому ряду отклонений, в результате одного из которых клетки не получают команду разделить мозговую трубку на две части. Но почему эти отклонения задерживают роды? Ветеринары часто сообщают о затянувшихся

беременностях у коров, вынашивавших телят с серьезными пороками развития головного мозга. Похожие случаи встречались и у людей. Так что все это говорит об одном и том же: мозг плода как-то связан с началом родов.

Когда приходит время, нейроны мозга говорят гормональным железам: *«Готовьтесь, началось!»* Затем гормональные железы рассылают эту информацию по всему организму с помощью повышенного уровня кортизола. Этот химический призыв быстро разносится с кровью по телу плода, и клетки начинают необходимые приготовления. Крошечные насосы в легких принимаются выкачивать из них жидкость, а легочные клетки с удвоенной силой вырабатывают сурфактант. Жировые клетки тем временем принимаются усиленно расщеплять жир для получения дополнительной энергии. Как только гормоны достигают плаценты, послание доходит и до будущей матери. С самого начала ее организм говорил себе: *«Пока рано»*. Успокаивающие сигналы плаценты не давали мышцам матки совершать сильные сокращения. Месяцами эти мышцы сидели в ожидании, лишь изредка слегка напрягаясь. Но вот в матку попадает кортизол, и начинается цепная реакция: гормоны меняют сигнал с «пока рано» на «пора». Мышцы начинают сокращаться чаще и сильнее. Одновременно на них образуются дополнительные рецепторы, реагирующие на эти гормоны, – как если бы они стали внимательно вслушиваться, что те им говорят. Как только ваша головка упирается в нервные окончания, расположенные в родовом канале, в организме вашей матери выделяются новые порции гормонов. Ее мышечные клетки реагируют на них регулярными и ритмичными сокращениями, которые со временем все усиливаются. Так ваше тело понемногу проталкивается вперед.

Потом ваш уютный темный бассейн лопается. Ваша голова плотно зажата. Мышечные сокращения пережимают плаценту и пуповину, периодически лишая вас доступа к кислороду. Вы словно задыхаетесь. Ваш организм в ответ выделяет огромные порции гормонов стресса – *адреналина* и *норадреналина*. Позже эти гормоны будут выделяться у вас в моменты опасности на протяжении всей жизни. Благодаря им у вас всякий раз будет подскакивать давление, а сердце – биться чаще. Клетки будут быстро расщеплять запасы энергии, кровь – отводиться от кожи и прочих внутренних органов в самые важные: сердце, мозг и мышцы. Вы будете напрягать мышцы, готовясь к двум возможным альтернативам: *драться* или *убегать*.

ИНТЕРЕСНО

> В момент родов малыш переживает невероятный стресс и гормональное буйство, уровень которого никогда больше не будет таким высоким.

Тем не менее уровень гормонов стресса никогда больше не будет таким высоким, как в момент вашего рождения. Хотя ваша мама и сама наверняка испытывает сильнейший стресс, его нельзя сравнить с вашим гормональным буйством. Даже сердечный приступ не вызывает подобной реакции. Вместе с тем, как бы странно это ни звучало, эти гормоны чрезвычайно полезны. Они помогут справиться с тем стрессом, который вы испытаете, протискиваясь на белый свет, и готовят ваше тело к жизни снаружи. Так, например, гормоны стресса заставляют клетки расщеплять питательные вещества, которые вам понадобятся для жизни, как только вы лишитесь плаценты. Также они помогают легким избавиться от жидкости, чтобы вы могли сделать свой первый вдох.

И случится это уже совсем скоро. Две незнакомые руки примут вас, глаза ослепит яркий свет, и легкие впервые в жизни наполнятся воздухом.

Вы начнете дышать.

А что будет дальше? Ну, об этом вы знаете лучше меня, ведь я – не вы.

Источники

Учебники, используемые во всех главах

В качестве источников информации я использовала множество обычных учебников по эмбриологии, онтогенетике и клеточной биологии. Два самых важных из них:

Moore, K. L., Persaud, T. V. N. & Torchia, M. G. (2016). The developing human: clinically oriented embryology (10th ed. ed.). Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier.

Гилберт С. «Биология развития в трех томах». – Издательство «Мир».

Я настоятельно рекомендую с ними ознакомиться, если вы хотите копнуть немного глубже.

Ниже приведены все остальные использованные мной книги, статьи и учебники, сортированные по главам.

Гонка

Bahat, A., Caplan, S. R., Eisenbach, M. (2012). Thermotaxis of Human Sperm Cells in Extraordinarily Shallow Temperature Gradients Over a Wide Range. PLOS ONE, 7(7), e41915.

Michael, E., Laura, C. G. (2006). Sperm guidance in mammals – an unpaved road to the egg. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 7(4), 276.

Vander Ven, H. H., Al-Hasani, S., Diedrich, K., Hamerich, U., Lehmann, F., Krebs, D. (1985). Polyspermy in in vitro fertilization of human oocytes: frequency and possible causes. Ann N Y Acad Sci, 442, 88–95.

Скрытая вселенная

Clift, D., Schuh, M. (2013). Restarting life: fertilisation and the transition from meiosis to mitosis. Nat Rev Mol Cell Biol, 14(9), 549–562. doi:10.1038/nrm3643.

Gilbert, S. F., Barresi, J. F. (2016). Developmental biology (11th ed. ed.). Sunderland, Mass: Sinauer Associates. Additional article, Chapter 7: «Anton von Leeuwenhoek and his Perception of Spermatozoa». Доступна на сайте учебников: http://11e.devbio.com/wt070102.html.

Gjersvik, P. (2008). Sædcellen. Tidsskrift for Den norskelegeforening, 3, 128–265.

Harris, H. (2002). Things come to life: spontaneous generation revisited. Oxford: Oxford University Press.

Lawrence, C. R. (2008). Preformationism in the Enlightenment. I Embryo Project Encyclopedia. Найдено по адресу: http://

embryo.asu.edu/ handle/10776/1926.

Maienschein, J. (2005). Epigenesis and Preformationism. I Stanford Encyclopedia of Philosophy. Найдено по адресу: http:// plato.stanford.edu/ entries/epigenesis/.

Антони ван Левенгук (1677). Письмо Уильяму Браункеру. № 35, ноябрь 1677. Целиком письмо можно прочитать в голландском и английском переводах на сайте DBNL – De Digitale Bibliotheek voor de Nederlandse Letteren: http://www.dbnl.org/.

Луи Пастер (1864). «О спонтанном поколении». Обращение Луи Пастера на «Научном вечере в Сорбонне». 7 апреля, 1864.

Рецепт человека

Dahm, R. (2005). Friedrich Miescher and the discovery of DNA. Dev Biol, 278(2), 274–288. doi:10.1016/j.ydbio.2004.11.028.

O'Connor, C. (2008). Isolating hereditary material: Frederick Griffith, Oswald Avery, Alfred Hershey, and Martha Chase. Nature Education 1(1):105.

Pray, L. (2008). Discovery of DNA structure and function: Watson and Crick. Nature Education 1(1):100.

Вторжение

Bayes – Genis, A., Bellosillo, B., de la Calle, O., Salido, M., Roura, S., Ristol, F. S., Cinca, J. (2005). Identification of male cardiomyocytes of extracardiac origin in the hearts of women with male progeny: male fetal cell microchimerism of the heart. J Heart Lung Transplant, 24(12), 2179–2183. doi:10.1016/j.healun.2005.06.003.

Bianconi, E., Piovesan, A., Facchin, F., Beraudi, A., Casadei, R., Frabetti, F., Canaider, S. (2013). An estimation of the number of cells in the human body. Annals of Human Biology, 40(6), 463–471. doi:10.3109/03014460.2013.807878.

Brosens, J. J., Salker, M. S., Teklenburg, G., Nautiyal, J., Salter, S., Lucas, E. S., Macklon, N. S. (2014). Uterine Selection of Human Embryos at Implantation. Scientific Reports, 4, 3894. doi:10.1038/ srep03894.

Chan, W. F., Gurnot, C., Montine, T. J., Sonnen, J. A., Guthrie, K. A., Nelson, J. L. (2012). Male microchimerism in the human female brain. PLoS One, 7(9), e45592. doi:10.1371/journal.pone.0045592.

Felker, G. M., Thompson, R. E., Hare, J. M., Hruban, R. H., Clemetson, D. E., Howard, D. L., Kasper, E. K. (2000). Underlying causes and long – term survival in patients with initially unexplained cardiomyopathy. N Engl J Med, 342(15), 1077–1084. doi:10.1056/ nejm200004133421502.

Gellersen, B., Brosens, J. J. (2014). Cyclic decidualization of the human endometrium in reproductive health and failure. Endocr Rev,

35(6), 851–905. doi:10.1210/er.2014–1045.

Kara, R. J., Bolli, P., Karakikes, I., Matsunaga, I., Tripodi, J., Tanweer, O., Chaudhry, H. W. (2012). Fetal cells traffic to injured maternal myocardium and undergo cardiac differentiation. Circ Res, 110(1), 82–93. doi:10.1161/circresaha.111.249037.

Melford, S. E., Taylor, A. H., Konje, J. C. (2014). Of mice and (wo)men: factors influencing successful implantation including endocannabinoids. Human Reproduction Update, 20(3), 415–428. doi:10.1093/humupd/dmt060.

National Institutes of Health (NIH) History. 2003, december). A Timeline of Pregnancy Testing. Найдено по адресу: https:// history.nih. gov/exhibits/thinblueline/timeline.html.

Oron, E., Ivanova, N. (2012). Cell fate regulation in early mammalian development. Phys Biol, 9(4), 045002. doi:10.1088/1478– 3975/9/4/045002.

Teklenburg, G., Salker, M., Molokhia, M., Lavery, S., Trew, G., Aojanepong, T., Macklon, N. S. (2010). Natural selection of human embryos: decidualizing endometrial stromal cells serve as sensors of embryo quality upon implantation. PLoS One, 5(4), e10258. doi:10.1371/journal.pone.0010258.

Wang, Y., Zhao, S. (2010). Vascular Biology of the Placenta. San Rafael: Morgan & Claypool Life Sciences.

Естественные клоны и неизвестные близнецы

Davies, J. A. (2014). Life Unfolding. How the human body creates itself: Oxford University Press.

Friedman, L. F. (2014).The Stranger-Than-Fiction Story Of A Woman Who Was Her Own Twin. Business Insider. Найдено по адресу: http://www.businessinsider.com/lydia-fairchild-is-her-owntwin-2014-2?r = US&IR = T&IR = T.

Kean, S. (2013). The You in Me. Psychology Today. Найдено по адресу: https://www.psychologytoday.com/articles/201303/theyou-in-me.

Kramer, P., Bressan, P. (2015). Humans as Superorganisms. Perspectives on Psychological Science, 10(4), 464–481. doi:10.1177/ 1745691615583131.

Milo, R., Phillips, R. (2015). Cell Biology by the Numbers: Garland Science. Доступно по адресу: http://book.bionumbers.org/howmany-genes-are-in-a-genome/.

National Human Genome Research Institute. (2016). An Overview of the Human Genome Project. Найдено по адресу: https:// www.genome.gov/12011238/an-overview-of-the-human-genome-project/.

National Human Genome Research Institute. (2016). The Cost of

Sequencing a Human Genome. Найдено по адресу: https://www.genome.gov/sequencingcosts/.

O'Shea, K. (2014). Medical mystery: Woman gives birth to children, discovers her twin is actually the biological mother. Philly.com. Найдено по адресу: http://www.philly.com/philly/health/science/
Medical_mystery_Woman_gives_birth_to_children_discovers_her_twin_is_actual

Robson, D. (2015). Is another human living inside you? BBC Future. Найдено по адресу: http://www.bbc.com/future/story/20150917-is-another-human-living-inside-you.

Tao, X., Chen, X., Yang, X., Tian, J. (2012). Fingerprint Recognition with Identical Twin Fingerprints. PLOS ONE, 7(4), e35704. doi:10.1371/journal.pone.0035704.

Van Dijk, B. A., Boomsma, D. I., de Man, A. J. (1996). Blood group chimerism in human multiple births is not rare. Am J Med Genet, 61(3), 264–268. doi:10.1002/(sici)1096–8628(19960122)61:3<264:aid-ajmg11>3.0.co;2-r.

Контуры тела

Brown, Paul. (1999). Listening to the heart of the ocean. The Guardian. Найдено по адресу: https://www.theguardian.com/science/1999/jul/29/technology.

Fielder, S. E. (2016). Resting Heart Rates. In Merck Veterinary Manual: Merck & Co., Inc.

Hodge, R. (2010). Developmental biology: from a cell to an organism. New York: Facts on File.

Levine, H. J. (1997). Rest heart rate and life expectancy. J Am Coll Cardiol, 30(4), 1104–1106.

Nesheim, Britt-Ingjerd. (2014). Foster. I Store medisinskeleksikon. Найдено по адресу: https://sml.snl.no/foster.

Язык клеток для чайников

Ahmed, A. M. (2002). History of diabetes mellitus. Saudi Med J, 23(4), 373–378.

Eknoyan, G., Nagy, J. (2005). A history of diabetes mellitus or how a disease of the kidneys evolved into a kidney disease. Advances in Chronic Kidney Disease, 12(2), 223–229. doi: https://doi.org/10.1053/j.ackd.2005.01.002.

Vaaler, Stein & Berg, Jens Petter. (2016). Diabetes. I Store medisinskeleksikon. Найдено по адресу: https://sml.snl.no/ diabetes.

Искусство создания плодовой мушки

Carroll, S. B. (2005). Endless forms most beautiful: the new science of evo devo and the making of the animal kingdom. New York:

Norton & Co.

Gehring, W. J. (1998). Master control genes in development and evolution: the homeobox story. New Haven: Yale University Press.

Jacob, F., Monod, J. (1961). Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. Journal of Molecular Biology, 3(3), 318–356. doi: https://doi.org/10.1016/S0022-2836(61) 80072-7.

Jacobson, Brad. (2010). Homeobox Genes and the Homeobox. I Embryo Project Encyclopedia. Taken from http:// embryo.asu.edu/ handle/10776/2070.

Laughon, A., Scott, M. P. (1984). Sequence of a Drosophila segmentation gene: protein structure homology with DNA-binding proteins. Nature, 310, 25. doi:10.1038/310025a0.

Lewis, E. B. (1978). A gene complex controlling segmentation in Drosophila. Nature, 276, 565. doi:10.1038/276565a0.

McGinnis, W., Garber, R. L., Wirz, J., Kuroiwa, A., Gehring, W. J. (1984). A homologous protein-coding sequence in drosophila homeotic genes and its conservation in other metazoans. Cell, 37(2), 403–408. doi: https://doi.org/10.1016/00928674(84)90370-2.

McGinnis, W., Levine, M. S., Hafen, E., Kuroiwa, A., Gehring, W. J. (1984). A conserved DNA sequence in homoeotic genes of the Drosophila Antennapedia and bithorax complexes. Nature, 308, 428. doi:10.1038/308428a0.

Myers, P. (2008). Hox genes in development: The Hox code. Nature Education 1(1):2.

Nüsslein-Volhard, C. (2006). Coming to life: how genes drive development. San Diego, Calif.: Kales Press.

Wolpert, L. (1991). The Triumph of the embryo. Oxford: Oxford University Press.

Наследство из океана

Brooker, R. J. (2011). The Origin and History of Life. I Biology (2nd ed. ed.) (s. 438–458). New York: McGraw-Hill.

Darwin, C., Johansen, K. (2005). On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. Oslo: Bokklubben.

Shubin, N. (2009). Your Inner Fish: the amazing discovery of our 375-million-year-old ancestor. London: Penguin Books.

Двумя руками «за»

Evensen, Stein A. & Wislø, Finn. (2017). Blod. I Store medisinskeleksikon. Найдено по адресу: https://sml.snl.no/blod.

Kretzschmar, D., Hasan, G., Sharma, S., Heisenberg, M., Benzer, S. (1997). The swiss cheese mutant causes glial hyperwrapping and brain degeneration in Drosophila. J Neurosci, 17(19), 7425–7432.

Lukacsovich, T., Yuge, K., Awano, W., Asztalos, Z., Kondo, S., Juni, N., Yamamoto, D. (2003). The ken and barbie gene encoding a putative transcription factor with a BTB domain and three zinc finger motifs functions in terminalia develoment of Drosophila. Arch Insect Biochem Physiol, 54(2), 77–94. doi:10.1002/arch.10105.

NASA Education. (2004). Bones in Space. Найдено по адресу: http://www.nasa.gov/audience/foreducators/postsecondary/features/F_Bones_in_Space.html.

NASA Science. (2001). Space bones. Найдено по адресу: http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2001/ ast01oct_1/.

Office of the Surgeon General (US). (2004). Chapter 2, The Basics of Bone in Health and Disease. I Bone Health and Osteoporosis: A Report of the Surgeon General. Rockville (MD). Найдено по адресу: https:// www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45504/.

Tickle, C., Towers, M. (2017). Sonic Hedgehog Signaling in Limb Development. Front Cell Dev Biol, 5, 14. doi:10.3389/fcell.2017.00014.

Tran, V. (2017). Muskelogskjelettsystemetsutvikling. Norsk Helseinformatikk 2017. Найдено по адресу: https://nhi.no/familie/graviditet/svangerskap-og-fodsel/fosterutvikling/muskel-og-skjelettsystemets-utvikling/.

Varjosalo, M., Taipale, J. (2008). Hedgehog: functions and mechanisms. Genes Dev, 22(18), 2454–2472. doi:10.1101/gad.1693608.

Пол и морские черви

Berec, L., Schembri, P. J., Boukal, D. S. (2005). Sex Determination in Bonelliaviridis (Echiura: Bonelliidae): Population Dynamics and Evolution. Oikos, 108(3), 473–484.

Gallup Jr, G. G., Finn, M. M., Sammis, B. (2009). On the origin of descended scrotal testicles: The activation hypothesis. Evolutionary Psychology, 7(4), 517–526. doi:10.1177/147470490900700402.

Jost, A., Vigier, B., Prepin, J., Perchellet, J. P. (1973). Studies on sex differentiation in mammals. Recent Prog Horm Res, 29, 1–41.

U.S. National Library of Medicine, Genetics Home Reference. (2010). Ychromosome. Найдено по адресу: https://ghr.nlm.nih.gov/chromosome/Y.

Warner, R. R., Swearer, S. E. (1991). Social Control of Sex Change in the Bluehead Wrasse, Thalassomabifasciatum (Pisces: Labridae). The Biological Bulletin, 181(2), 199–204. doi:10.2307/1542090.

Willard, H. F. (2003). Tales of the Y chromosome. Nature, 423(6942), 810–811, 813. doi:10.1038/423810a.

Wilson, C. A., Davies, D. C. (2007). The control of sexual differentiation of the reproductive system and brain. Reproduction,

133(2), 331–359. doi:10.1530/rep-06-0078.

Тайные приготовления

Holck, P. (2017). Nyre. I Store medisinskeleksikon. Найдено по адресу: https://sml.snl.no/nyre.

Saint-Faust, M., Boubred, F., Simeoni, U. (2014). Renal Development and Neonatal Adaptation. Amer J Perinatol. 31:773–780.

Внутренние скитания мозга

Hepper, P. G., Shahidullah, S., White, R. (1991). Handedness in the human foetus. Neuropsychologia, 29(11), 1107–1111.

Hepper, P. G., Wells, D. L., Lynch, C. (2005). Prenatal thumb sucking is related to postnatal handedness. Neuropsychologia, 43(3), 313–315. doi:10.1016/j.neuropsychologia. 2004.08.009.

Lagercrantz, H., Ringstedt, T. (2001). Organization of the neuronal circuits in the central nervous system during development. Acta Paediatr, 90(7), 707–715.

Linden, D. J. (2007). The accidental mind. Cambridge, Mass: Belknap Press of Harvard University Press.

Stiles, J., Jernigan, T. L. (2010). The basics of brain development. Neuropsychol Rev, 20(4), 327–348. doi:10.1007/s11065-010-91484.

Xie, L., Kang, H., Xu, Q., Chen, M. J., Liao, Y., Thiyagarajan, M., Nedergaard, M. (2013). Sleep Drives Metabolite Clearance from the Adult Brain. Science, 342(6156), 373.

Чувства

Besnard, P., Passilly-Degrace, P., Khan, N. A. (2016). Taste of Fat: A Sixth Taste Modality? Physiol Rev, 96(1), 151–176. doi:10.1152/physrev.00002.2015.

Colombelli-Négrel, D., Hauber, Mark E., Robertson, J., Sulloway, Frank J., Hoi, H., Griggio, M., Kleindorfer, S. (2012). Embryonic Learning of Vocal Passwords in Superb Fairy-Wrens Reveals Intruder Cuckoo Nestlings. Current Biology, 22(22), 2155–2160. doi: https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.09.025.

De Casper, A. J., Fifer, W. P. (1980). Of human bonding: newborns prefer their mothers' voices. Science, 208(4448), 1174–1176.

De Casper, A. J., Spence, M. J. (1986). Prenatal maternal speech in uences newborns' perception of speech sounds. Infant Behavior and Development, 9(2), 133–150. doi: https://doi.org/10.1016/0163-6383(86)90025-1.

Graven, S. N., Browne, J. V. (2008). Auditory Development in the Foetus and Infant. Newborn and Infant Nursing Reviews, 8(4), 187–193. doi: https://doi.org/10.1053/j.nainr.2008.10.010.

Halder, G., Callaerts, P., Gehring, W. J. (1995). Induction of ectopic eyes by targeted expression of the eyeless gene in Drosophila. Science, 267(5205), 1788–1792.

Hepper, P. (2015). Behavior During the Prenatal Period: Adaptive for Development and Survival. Child Development Perspectives, 9(1), 38–43. doi:10.1111/cdep.12104.

Hepper, P. G. (1988). Fetal «soap» addiction. Lancet, 1(8598), 1347–1348.

Katz, L. C., Shatz, C. J. (1996). Synaptic activity and the construction of cortical circuits. Science, 274(5290), 1133–1138.

Lagercrantz, H., Changeux, J.-P. (2009). The Emergence of Human Consciousness: From Fetal to Neonatal Life. Pediatr Res, 65(3), 255–260.

Lecanuet, J.-P., Schaal, B. (1996). Fetal sensory competencies. European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology, 68(Supplement C), 1–23. doi: https://doi.org/10.1016/03012115(96)02509-2.

Mennella, J. A., Jagnow, C. P., Beauchamp, G. K. (2001). Prenatal and Postnatal Flavor Learning by Human Infants. Pediatrics, 107(6), E88–E88.

Quiring, R., Walldorf, U., Kloter, U., Gehring, W. J. (1994). Homology of the eyeless gene of Drosophila to the Small eye gene in mice and Aniridia in humans. Science, 265(5173), 785–789.

Rosner, B. S., Doherty, N. E. (1979). The Response of Neonates to Intra-uterine Sounds. Developmental Medicine & Child Neurology, 21(6), 723–729. doi:10.1111/j.1469-8749.1979.tb01693.x.

Schaal, B., Marlier, L., Soussignan, R. (2000). Human Foetuses Learn Odours from their Pregnant Mother's Diet. Chemical Senses, 25(6), 729–737. doi:10.1093/chemse/25.6.729.

Webb, A. R., Heller, H. T., Benson, C. B., Lahav, A. (2015). Mother's voice and heartbeat sounds elicit auditory plasticity in the human brain before full gestation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(10), 3152–3157. doi:10.1073/pnas.1414924112.

Волосатое прошлое

Bramble, D. M., Lieberman, D. E. (2004). Endurance running and the evolution of Homo. Nature, 432(7015), 345–352. doi:10.1038/nature03052.

Jablonski, N. G. (2010). The naked truth. Scientific American, 302(2), 42. doi:10.1038/scienticamerican0210–42.

Lieberman, D. E., Bramble, D. M. (2007). The evolution of marathon running: capabilities in humans. Sports Med, 37(4–5), 288–290.

Pagel, M., Bodmer, W. (2003). A naked ape would have fewer parasites. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 270 (Suppl 1), S117.

Powell, A. (2007). Humans hot, sweaty, natural-born runners. Harvard Gazette. Найдено по адресу: https://news.harvard.edu/gazette/story/2007/04/humans-hot-sweaty-natural-born-runners/.

Из воды на воздух

Bodmer, R. (1993). The gene tinman is required for specification of the heart and visceral muscles in Drosophila. Development, 118(3), 719–729.

Deglincerti, A., Croft, G. F., Pietila, L. N., Zernicka-Goetz, M., Siggia, E. D., Brivanlou, A. H. (2016). Self-organization of the in vitro attached human embryo. Nature, 533(7602), 251–254. doi:10.1038/nature17948.

Graven, S. N., Browne, J. V. (2008). Sleep and Brain Development: The Critical Role of Sleep in Fetal and Early Neonatal Brain Development. Newborn and Infant Nursing Reviews, 8(4), 173–179. doi: https://doi.org/10.1053/j.nainr.2008.10.008.

Li, W., Ma, L., Yang, G., Gan, W. B. (2017). REM sleep selectively prunes and maintains new synapses in development and learning. Nat Neurosci, 20(3), 427–437. doi:10.1038/nn.4479.

Louie, K., Wilson, M. A. (2001). Temporally Structured Replay of Awake Hippocampal Ensemble Activity during Rapid Eye Movement Sleep. Neuron, 29(1), 145–156.

Myrhaug, H. T., Brurberg, K. G., Hov, L., Håvelsrud, K., Reinar, L. M. Prognose for ogoppfølgingavekstremt premature barn: Ensystematiskoversikt, Folkehelseinstituttet. Forskningsoversikt 01 2017. ISBN (electronic): 978-82-8082-799-9. Available at på www.fhi.no.

Partridge, E. A., Davey, M. G., Hornick, M. A., McGovern, P. E., Mejaddam, A. Y., Vrecenak, J. D., Flake, A. W. (2017). An extra-uterine system to physiologically support the extreme premature lamb. Nat Commun, 8, 15112. doi:10.1038/ncomms15112.

Schott, J. J., Benson, D. W., Basson, C. T., Pease, W., Silberbach, G. M., Moak, J. P., Seidman, J. G. (1998). Congenital heart disease caused by mutations in the transcription factor NKX2-5. Science, 281(5373), 108–111.

Shahbazi, M. N., Jedrusik, A., Vuoristo, S., Recher, G., Hupalowska, A., Bolton, V., Zernicka-Goetz, M. (2016). Self-organization of the human embryo in the absence of maternal tissues. Nat Cell Biol, 18(6), 700–708. doi:10.1038/ncb3347.

Shank, S. S., Margoliash, D. (2009). Sleep and sensorimotor integration during early vocal learning in a songbird. Nature,

458(7234), 73–77.

Конец. Ну или начало

BBC Earth. (2014). Amazing birth of a baby kangaroo. Найдено по адресу: http://www.bbc.com/earth/story/20141001-newborn-baby-kangaroo.

Frank, L. G., Weldele, M. L., Glickman, S. E. (1995). Masculinization costs in hyaenas. Nature, 377(6550), 584–585. doi:10.1038/377584b0.

Gao, L., Rabbitt, E. H., Condon, J. C., Renthal, N. E., Johnston, J. M., Mitsche, M. A., Mendelson, C. R. (2015). Steroid receptor coactivators 1 and 2 mediate fetal-to-maternal signaling that initiates parturition. The Journal of Clinical Investigation, 125(7), 2808–2824. doi:10.1172/JCI78544.

Kota, S. K., Gayatri, K., Jammula, S., Kota, S. K., Krishna, S. V. S., Meher, L. K., Modi, K. D. (2013). Endocrinology of parturition. Indian Journal of Endocrinology and Metabolism, 17(1), 50–59. doi:10.4103/2230-8210.107841.

Lagercrantz, H. (2016). The good stress of being born. Acta Paediatrica, 105(12), 1413–1416. doi:10.1111/apa.13615.

Lagercrantz, H., Slotkin, T. (1986). The «Stress» of Being Born. Scienti c American, 254(4), 100.

Menon, R., Bonney, E. A., Condon, J., Mesiano, S., Taylor, R. N. (2016). Novel concepts on pregnancy clocks and alarms: redundancy and synergy in human parturition. Human Reproduction Update, 22(5), 535–560. doi:10.1093/humupd/dmw022.

Nathanielsz, P. W., Granrud, L. (1996). Livet førfødselen. Oslo: Pax.

Trevathan, W. (2015). Primate pelvic anatomy and implications for birth. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 370(1663).

Иллюстрации

Nesheim, Britt-Ingjerd. (2014). Foster. I Store medisinskeleksikon. Взято 1 сентября 2017 года по адресу: https://sml.snl.no/foster.

Все остальные размеры взяты из:

Moore, K. L., Persaud, T. V. N., Torchia, M. G. (2016). The developing human: clinically oriented embryology (10th ed.). Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier. Se tabellene side 76 og 92.

* * *

КОГДА ВЫ ДАРИТЕ КНИГУ, ВЫ ДАРИТЕ ЦЕЛЫЙ МИР

ХОТИТЕ ЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

Заходите на сайт:
https://eksmo.ru/b2b/

Звоните по телефону:
+7 495 411-68-59, доб. 2261

notes

Сноски

1

Порок эмбрионального периода развития, характеризующийся появлением расщелины в средней части нёба вследствие незаращения двух половин нёба либо двух отростков верхней челюсти.

2

Люди, обладающие признаками и мужского, и женского пола.